alimentatori radiofrequenza Robotica microcontrollore in VHDL Decoder 7 segmenti circuiti integrati alimentatori Robot Cubloc geofono LASER Compressore audio per TV VoIP supercomputer Smartcard alimentatore PC

n. 293 NOVEMBRE Anno XXV - € 6,00

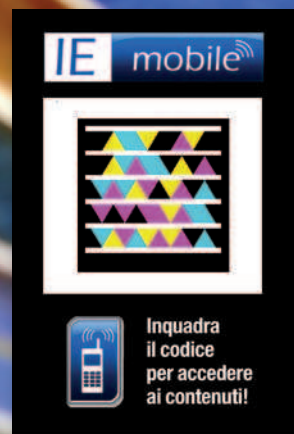
Fe fare elettronica

www.farelettronica.com

tutto sui LASER *funzionamento ed applicazioni*

PROGETTI COMPLETI

- **Radioricevitore a cristallo**
- **Compressore audio per TV**
- **Tutto sui decoder a 7 segmenti**
- **Microcontrollore a 8 bit in VHDL**
- **5 modi per generare un'onda quadra**

costruisci il tuo robot basato su CUBLOC

SMARTCARD

il progetto di un reader/writer

MENSILE Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano. In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano

sommario

293 *novembre 2009*

Zoom in

Progettare & costruire

Radio & radio

Imparare & approfondire

Rispondi e. . .VINCI! *pag.*

pag. 44

DIVERTITI E METTI ALLA PROVA LE TUE CONOSCENZE CON **ELETTRO QUIZ** E VINCI OGNI MESE ESCLUSIVI PREMI!

...prossimamente su Fare Elettronica

TUTTO SUL VOIP
SCHEDA ROBOT CON CUBLOC
ROBOT PUBBLICITARIO
LA FUNZIONALITÀ OTG DEL BUS USB

rubriche

LUPUS IN FABULA

Agilent Technologies 72 - Comfile 96 - Image S 72 - Linear Technology 72 - Microchip 30, 50 - Silicore 74 - Solarmax 46

GLI ARTICOLI CONTRASSEGNATI COL SIMBOLO → WWW SONO GIÀ DISPONIBILI IN FORMATO PDF* ALL'INDIRIZZO *WWW.FARELETTRONICA.COM/CLUB*

*Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.

Usa il mobile tagging per vedere sul tuo telefonino gli approfondimenti e gli aggiornamenti sui contenuti della rivista. Per saperne di più visita *www.inwaredizioni.it/IEMOB*

COSA DEVI FARE

1) Questa operazione la farai una sola volta. Scarica ed installa gratuitamente il software per il tuo telefonino dalla pagina http://gettag.mobi
2) Clicca l'icona TagReader sul tuo telefonino
3) Inquadra il codice e segui le istruzioni del software di lettura
4) Il telefono si collega al sito mobile per visualizzare i contenuti

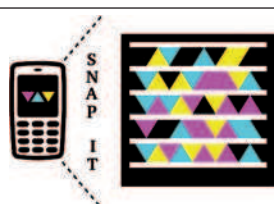
elenco inserzionisti

di MAURIZIO DEL CORSO

l'eco della RETE

Blog e social networks stanno cambiando le nostre abitudini e anche la cara stampata deve adeguarsi.

Se agli inizi del 2000 vi era ancora qualche dubbio oggi Internet entra a far parte a pieno titolo tra le fonti informative utilizzate dal grande pubblico. Nonostante la sua diffusione non sia ancora così capillare, è stato stimato che il 37% dei lettori preferisce leggere le notizie online piuttosto che su un'unica testata cartacea. Se poi si pensa a Facebook e al dilagare dei social networks in generale, non è difficile dedurre che uno dei desideri del pubblico è quello di partecipare attivamente all'informazione. Il limite, almeno apparente, della carta stampata è l'unidirezionalità dell'informazione che fluisce dall'editore al lettore senza dare a quest'ultimo la possibilità di essere contemporaneamente fruitore e creatore di informazioni.
In questo senso la carta stampata deve adeguarsi, per creare un nuovo equilibrio con i contenuti online evitando di esserne sopraffatta.
Per questo motivo abbiamo attivato da questo numero una nuova rubrica con l'intento di dare voce ai lettori e non con il tradizionale "angolo della posta" ma attraverso i lori interventi nella rete. Ogni mese infatti selezioniamo dei post sui forum, nei blog, nelle home page personali pubblicandoli senza alcuna modifica alcuna creando quindi quella bidirezionalità dell'informazione, anello mancante nelle riviste "old style". Ma manca ancora qualcosa. Qualcosa che leghi il contenuto offline della rivista con quello estremamente dinamico della Rete. L'equivalente del click del mouse sulla parola sottolineata in blu della pagina web.
Questo qualcosa si chiama "mobile tagging" e fisicamente è il piccolo codice colorato che trovate in copertina e all'interno della rivista. Basta scaricare l'applicazione sul proprio smartphone, fotografare il codice e sarete immediatamente connessi a tutti i contenuti informativi previsti online.
Con questi accorgimenti la rivista non è solo carta stampata, ma un vero e proprio organo di informazione sempre aggiornato e al passo con i tempi.

SNAP IT

Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi

Scatta una foto al codice sopra riportato i primi 10 avranno una iscrizione gratuita al club di Fare Elettronica!

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Segreteria di redazione
Giorgia Generali

Coordinamento editoriale
Rachele Villa

Comitato Scientifico

Simone Masoni (Microtest), Francesco Picchi (Microtest), Massimo Rovini (Università degli Studi di Pisa), Tiziano Galizia (Tigal), Claudio Turchetti (Università Politecnica delle Marche).

Art Director
Patrizia Villa

Grafica e impaginazione
Mara Florian

Hanno collaborato in questo numero:
Grazia Ancona, Stefano Boldrini, Daniele Cappa, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Adriano Gandolfo, Antonio Giannico, Stefano Lovati, Giuseppe Modugno, Giorgio Ober, Francesco Pentella, Mario Rotigni.

Direzione Redazione Pubblicitá International Advertisement
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Stampa
Grafiche Sima
Via Provinciale Francesca, 52
24040 Ciserano (BG)

Distribuzione
Parrini & C s.p.a.
Via di Santa Cornelia, 9
00060 Formello (RM)

Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell’abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

Abbonamento per l’Italia:
€ 49,50
Abbonamento per l’estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione

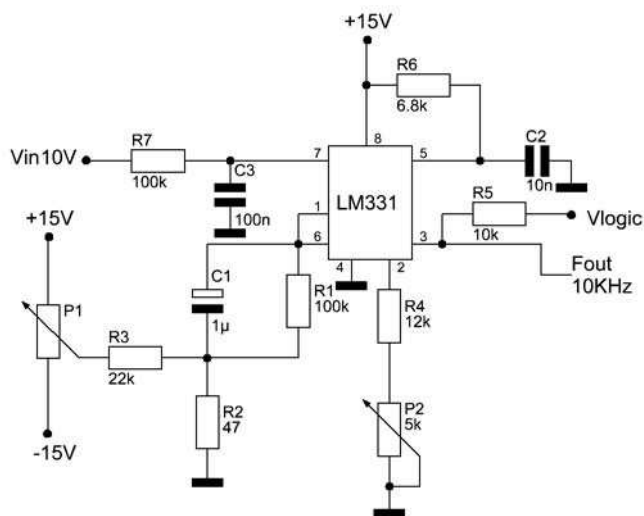
Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n.647
del 17/11/2003

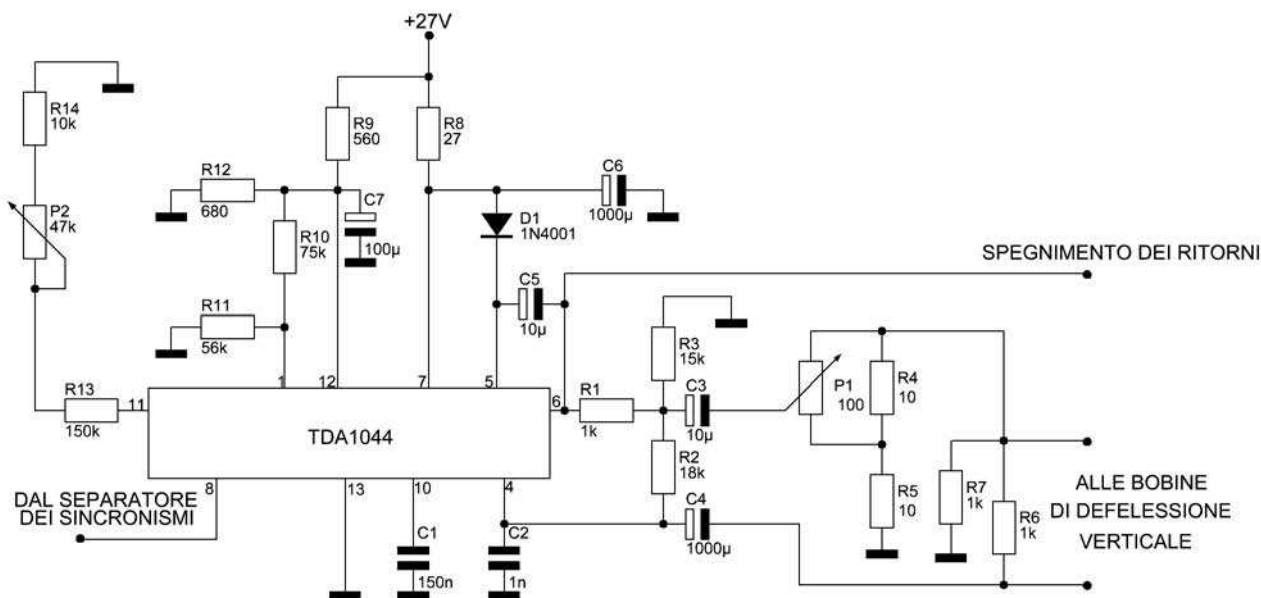
Privacy
Nel caso la rivista sia pervenuta in abbonamento o in omaggio, si rende noto che i dati in nostro possesso sono impiegati nel pieno rispetto del D.Lgs. 196/2003. I dati trasmessi a mezzo cartoline o questionari presenti nella rivista, potranno venire utilizzati per indagini di mercato, proposte commerciali, o l’inoltro di altri prodotti editoriali a scopo di saggio. L’interessato potrà avvalersi dei diritti previsti dalla succitata legge. In conformità a quanto disposto dal Codice di deontologia relativo al Trattamento di dati personali art. 2, comma 2, si comunica che presso la nostra sede di Cormano Via Cadorna 27, esiste una banca dati di uso redazionale. Gli interessati potranno esercitare i diritti previsti dal D.Lgs. 196/2003 contattando il Responsabile del Trattamento Inware Edizioni Srl (info@inwaredizioni.it).

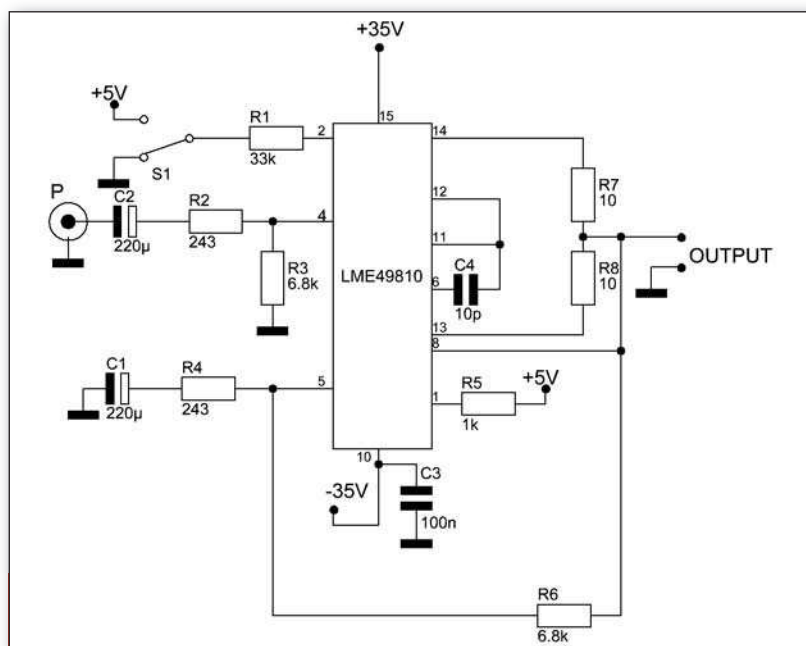
Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all’attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

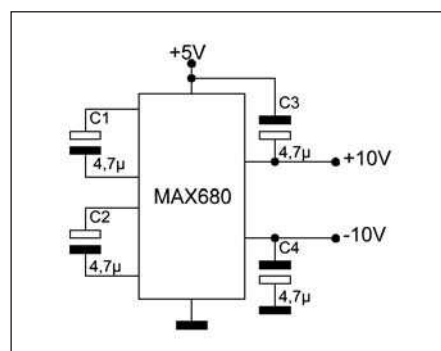
convertitori USB-seriale

compatti, performanti e convenienti

di FRANCESCO DI LORENZO

CONVERTITORE V/F

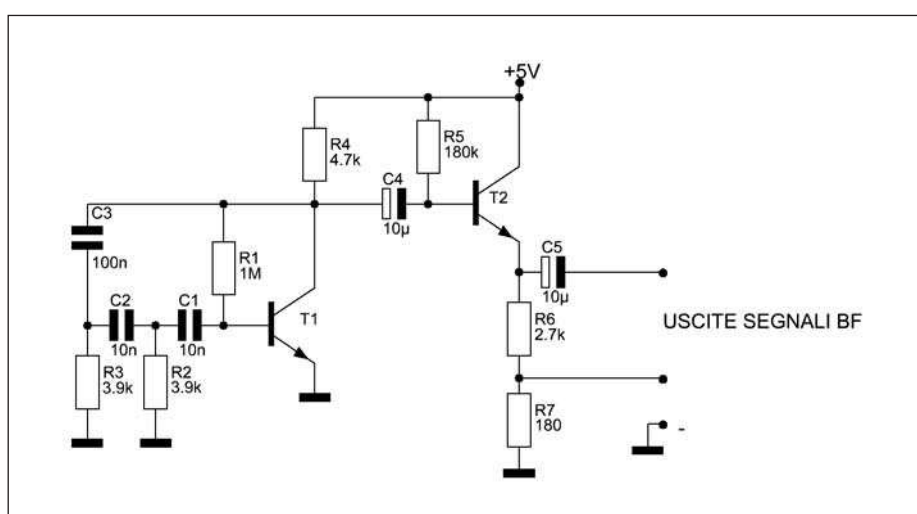
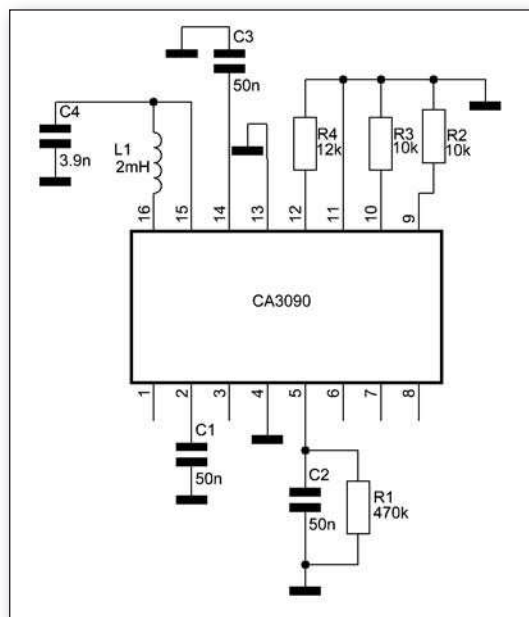
Nello schema in figura è riportato un convertitore tensione-frequenza realizzato con un LM331. La tensione massima applicabile è di 10 V in ingresso, mentre in uscita è possibile avere una frequenza di 10 kHz. L'LM331 viene prodotto dalla National Semiconductor; questo integrato a bassissimo costo garantisce una buona accuratezza a temperature elevate rispetto a convertitori più costosi. Le applicazioni possibili con questo integrato sono molte, ad esempio è usato nel campo dei sensori di umidità capacitivi, i quali collegati all'NE555 forniscono una variazione di frequenza che LM331 converte in tensione. Il circuito viene alimentato con una tensione duale di 15 V.

DEFLESSIONE VERTICALE PER TV

Nello schema è riportato lo schema tipico di una sezione di deflessione verticale di un televisore. Il TDA1044 esplica tutte le funzioni di un completo sistema di deflessione verticale per televisore in bianco e nero a 110°. Esso è realizzato in un contenitore plastico formato da 12 pin del tipo DIP, munito di due alette di raffreddamento. Il circuito richiede una tensione di alimentazione di 27 V continui.

AMPLIFICATORE HI-FI

L'LME49810 è un amplificatore audio di potenza ad alta fedeltà. L'amplificazione di uscita può essere regolata modificando il valore dell'alimentazione. La corrente minima di uscita è di 50 mA. Questo integrato permette di ottenere una potenza di uscita di circa 300 W con un carico di 8 ohm, inoltre internamente possiede un circuito denominato Baker che evita di mandare in saturazione l'amplificatore.
La tensione di alimentazione va dai 20 V ai 100 V. L'integrato offre la possibilità di funzionare come amplificatore video, come amplificatore subwoofer, amplificatore audio e viene impiegato per applicazioni industriali in alta tensione.

CONVERTITORE DC-DC *CON MAX680*

Il convertitore DC-DC raffigurato in figura è stato realizzato da un max680 prodotto dalla Maxim. Con soli 5 V è possibile ottenere una tensione duale di 10 V. E' possibile usarlo in dispositivi portatili tipo lampadine con molti LED, così facendo, alimentando il dispositivo con una tensione di 3 V proveniente dalle batterie, è possibile avere in uscita una tensione abbastanza alta, oppure in applicazioni come ad esempio nel campo audio, o nel campo della telemetria.

OSCILLATORE A SFASAMENTO

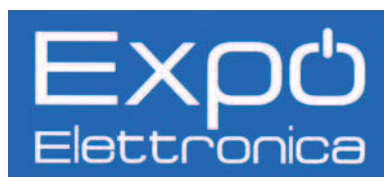
L'oscillatore a sfasamento realizzato è in grado di generare frequenze di valore compreso dai 900 Hz a un 1 kHz, quindi appartiene alla categoria degli oscillatori ad audiofrequenza, essendo le audiofrequenze comprese tra 20 Hz e 20 kHz.
La frequenza in uscita non è molto precisa, questo circuito infatti è un po' instabile, poiché la tensione di alimentazione deve essere precisa e i componenti passivi devono essere precisi.
Il segnale viene generato dal primo transistor, mentre il secondo transistor, essendo collegato in configurazione a collettore comune, fornisce una buona amplificazione al segnale prodotto dall'oscillatore e una bassa impedenza d'uscita.

STEREO DECODER

Questo integrato è un multiplexer stereo decoder prodotto dalla Intersil. Offre la possibilità di avere una bassa distorsione, una commutazione automatica e include driver per i LED degli indicatori dello stero. Con questo integrato è possibile ottenere la commutazione da monofonico a stereo e viceversa, senza produrre alcun suono dovuto alla commutazione nelle casse. L'alimentazione si aggira intorno ai 15 V.

AMPLIFICATORE VIDEO CON PREAMPLIFICATORE

In figura è rappresentato lo schema di un amplificatore video, frequentemente impiegato nei moderni televisori a tubo catodico. In esso la funzione di preamplificatore è svolta da una delle sezioni contenute nel circuito integrato TDA2541. Mentre il secondo stadio è formato da un amplificatore finale costituito da un transistor. Osservando lo schema in figura si può notare che il segnale video amplificato, uscente dal terminale 12 del TDA2541, viene trasferito all'amplificatore finale tramite la trappola da 5,5 MHz. Il circuito deve essere alimentato con tensione continua di 115 V.

14-15 novembre 2009
EXPO ELETTRONICA MONZA

Appuntamento previsto a Monza, con il circuito ExpoElettronica, che ritorna ospite della Fiera di Monza, i prossimi 14 e 15 novembre. Si tratterà della II edizione a Monza, dopo quella primaverile, che ha riscosso un notevole apprezzamento da parte del pubblico (quasi 10.000 presenze), sia per la centralità geografica e il conseguente facile raggiungimento della struttura, sia per la varietà e qualità degli operatori presenti. Gli espositori più qualificati, che propongono i prodotti più interessanti e rari ai prezzi più bassi del mercato hanno dato origine al motto della manifestazione: "Scegli la qualità, il meglio a meno!".

Alla mostra mercato troverete prodotti di elettronica, informatica, telefonia fissa e mobile, hardware e software, ricezione satellitare, hobbistica, materiali di consumo, surplus elettronico, componentistica e sistemi per la sicurezza.

Dove: Monza (MB) **Quando:** 14-15 novembre 2009 **Orari:** dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Blu Nautilus
info: www.expoelettronica.it

CODICE MIP 2774908

24-25 NOVEMBRE 2009
Broadband Business Forum

Broadband Business Forum, il più grande e importante evento in Italia sulla comunicazione IP a celebrarsi in co-location con EXPO COMM Italia 2009, è in programma il 24 e 25 novembre nel nuovo centro espositivo di Fiera Roma. EXPO COMM con BBF attrarrà oltre 10.000 visitatori e vedrà la partecipazione di più di 200 relatori in oltre 50 sessioni specializzate. BBF e EXPO COMM insieme si rivolgeranno al mercato italiano, mediterraneo e a quello globale e discuteranno di soluzioni, tendenze e sfide del mercato ICT. Ai visitatori sarà offerta anche la straordinaria opportunità di valutare prodotti, servizi e soluzioni IP sia delle aziende leader sia di quelle emergenti, grazie alla presenza dell'intero spettro dell'industria ICT.
Dove: Roma
Quando: 24-25 novembre 2009
Orari: dalle 10.00 alle 18.00
Organizzazione: Fiera Roma / EJK
info: www.bbfeurope.com

CODICE MIP 2773090

7-8 novembre 2009
Expoelettronica Bastia Umbra

L'Umbria, in particolare la provincia perugina, si è dimostrata, negli ultimi anni, una location ideale per ExpoElettronica, che vista l'ottima risposta da parte del pubblico di provenienza locale e non (oltre 10.000 presenze per l'edizione di marzo 2009), ha programmato due appuntamenti, uno primaverile e uno autunnale. L'inverno che ci attende mette gli italiani davanti a una scelta obbligata per quanto riguarda l'home entertainment, ossia l'avvento massiccio del digitale, che rende obsolete tutte le apparecchiature TV che non permettano di fruirne.
ExpoElettronica diventa un'ottima alternativa al megastore, con grande possibilità di scelta, grazie alla quantità e alla convenienza degli articoli proposti. Particolare attenzione è rivolta al risparmio energetico, ormai divenuto un'esigenza per le famiglie italiane.
Dove: *Bastia Umbra (PG)* **Quando:** *7-8 novembre 2009* **Orari:**: *dalle 9.00 alle 18.00* **Organizzazione:** *Blu Nautilus*
info: www.expoelettronica.it

CODICE MIP 2774899

7-8 novembre 2009
Computerfest Udine

Singoli componenti, periferiche, software, personal computer ma non solo. Alla ComputerFest di Udine potrete trovare apparati radio e componentistica radioamatoriale; home entertainment (tv-sat, dvd, antenne); telefonia fissa e mobile; editoria specializzata; fai-da-te elettronico, attrezzature e strumentazioni varie.
Dove: Udine
Quando: 7-8 novembre 2009
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Compendio Fiere

COMPUTERFEST & RADIOAMATORE
Il meglio dell'elettronica in fiera

info: www.compendiofiere.it

CODICE MIP 2774902

21-22 NOVEMBRE 2009

FIERA DELL'ELETTRONICA E DEL RADIOAMATORE 2

È l'appuntamento autunnale di radioamatore: una risposta puntuale alla forte domanda degli appassionati e dei cultori dell'elettronica, sia futuribile che vintage. L'edizione autunnale è la conferma di una tradizione all'insegna dell'innovazione. Tra gli articoli esposti troverete apparecchi radio, componenti e ricambi, attrezzature ed accessori, computer e accessori, videogiochi, software.

Dove: *Pordenone*

Quando: *21-22 novembre 2009*

Orari: *dalle 9.00 alle 18.00*

Organizzazione: *Pordenone Fiere*

info: www.radioamatore2.it

CODICE MIP 2774912

28-29 NOVEMBRE 2009

44ª FIERA MERCATO
NAZIONALE DEL RADIOAMATORE
DI PESCARA

Fiera mercato nazionale del radioamatore di pescara

La 44° edizione della fiera mercato nazionale del radioamatore di Pescara organizzata dall'Associazione Radioamatori Italiani della sezione di Pescara, si svolgerà presso la Fiera Adriatica di Silvi Marina (TE). Disponibilità di ampio parcheggio gratuito, ristorante e self-sevice interno.

Dove: *Silvi Marina (TE)*

Quando: *28-29 novembre 2009*

Orari: *dalle 9.00 alle 18.00*

Organizzazione:*A.R.I. Pescara*

info: www.aripescara.org

CODICE MIP 2774926

14-15 novembre 2009

ELECTRONIC DAYS

Mostra mercato di prodotti dell'elettronica. Troverete articoli di informatica, computer, cd e dvd, editoria specializzata, antenne, sistemi satellitari e ricambi, batterie, apparati per radioamatori, MP3/4 e tanti altri prodotti. La fiera si svolge presso la struttura Lario Fiere.

Dove: *Erba (CO)*

Quando: *14-15 novembre 2009*

Orari: *dalle 9.00 alle 18.00*

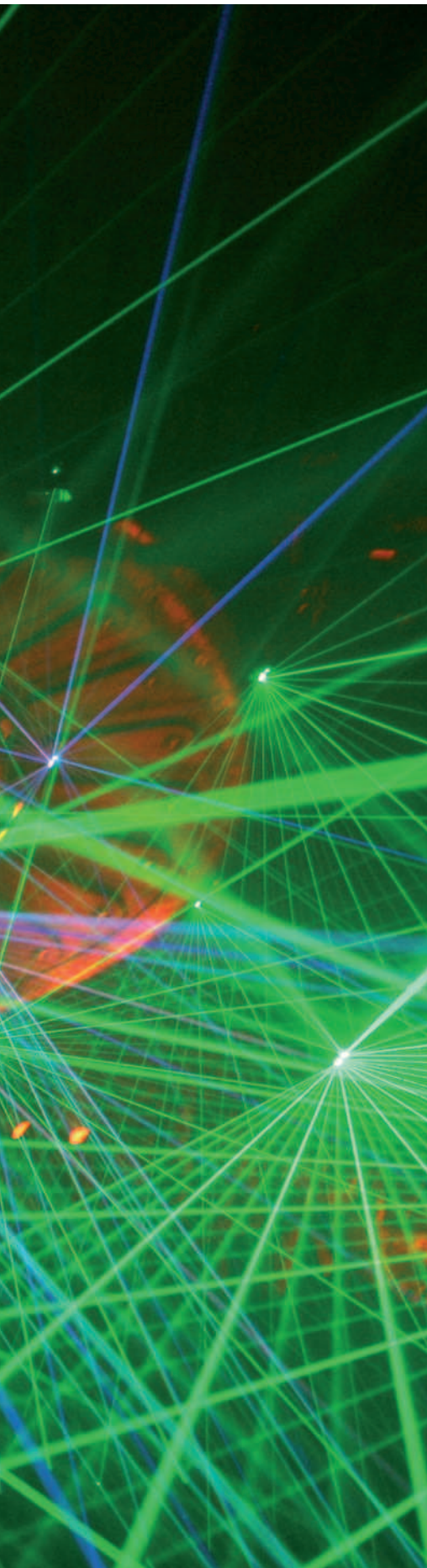
Organizzazione: *Italfiere*

info: www.italfiere.it

CODICE MIP 2774906

di ANTONIO GIANNICO

I LASER

È passato ormai mezzo secolo da quando Gordon Gould mise a punto il primo prototipo di laser.
Da allora sono stati innumerevoli gli sviluppi di questi dispositivi e altrettanti sono stati i benefici apportati alle moderne tecnologie. Scopriamo in questo articolo quali sono i principi fisici su cui si basa il funzionamento di un laser, quali sono i tipi di laser oggi esistenti e le loro applicazioni

Il termine laser è l'acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, cioè amplificazione della luce per mezzo di emissione stimolata di radiazione. Il laser è, in altre parole, un dispositivo in grado di generare un fascio luminoso concentrato in un raggio rettilineo estremamente collimato caratterizzato da monocromaticità, coerenza, forte direzionalità e spesso luminosità, e quindi potenza, anche piuttosto elevata. A seconda del tipo di laser, la frequenza del fascio luminoso può andare dall'infrarosso all'ultravioletto e recentemente anche nella gamma dei raggi X.

ASSORBIMENTO, EMISSIONE SPONTANEA ED EMISSIONE STIMOLATA

L'interazione tra radiazione elettromagnetica e materia avviene secondo tre principali fenomeni fisici: assorbimento, emissione spontanea ed emissione stimolata. Un fotone a frequenza f_0 (energia hf_0) interagendo con un atomo può essere assorbito da questo, generando la transizione di un elettrone dal livello energetico E_1 al livello $E_2=E_1+hf_0>E_1$ (assorbimento). L'elettrone può tornare al livello E1 spontaneamente, determinando l'emissione di un fotone di energia hf_0 (emissione spontanea). La transizione E_2-E_1 può anche essere provocata da un altro fotone interagente con l'atomo e in particolare con l'elettrone a livello E_2 (emissione stimolata). Una descrizione di questo tipo esemplifica il materiale come sistema a due livelli in cui, in condizioni di equilibrio termico, gli atomi del materiale laser tendono a occupare il livello inferiore E_1. Volendo formalizzare analiticamente questo concetto è possibile dire che il numero di atomi per unità di volume che effettua, per assorbimento, la transizione E_1-E_2 nell'unità di tempo è pari a kN_fN_1, dove k è un coefficiente che tiene conto del tipo di materiale, N_f è il numero di fotoni incidenti per unità di volume ed N_1 è la popolazione di elettroni del livello energetico E_1.
Analogamente, il fenomeno dell'emissione stimolata può essere descritto dicendo che il numero di elettroni per unità di volume che decadono forzatamente nell'unità di tempo è esprimibile dalla relazione kN_fN_2, dove k è il coefficiente che tiene conto del tipo di materiale, N_f è il numero di fotoni incidenti per unità di volume ed N_2 è la popolazione del livello E_2. In maniera analoga è possibile esprimere anche il numero di fotoni emessi in modo spontaneo nell'unità di tempo come N_2/t, dove N_2 è la popolazione del livello energetico E_2 e t è il tempo di vita media di emissione spontanea. Da quanto esposto consegue che la variazione del numero di fotoni per unità di volume e unità di tempo può essere espressa dalla relazione:

$$\frac{dN_f}{dt} = k(N_2 - N_1)N_f + \frac{N_2}{t}$$

I fotoni generati per emissione spontanea hanno direzioni di propagazione aleatorie (emissione incoerente) e presentano uno spettro di emissione ampio (tipico dei LED). I fenomeni descritti fin qui possono anche essere espressi dalle seguenti relazioni:

$$R_{SP}=AN_2 \qquad R_{ST}=BN_2\rho(f_0)$$
$$R_{AS}=CN_1\rho(f_0)$$

dove N_1 ed N_2 sono le densità degli atomi negli stati E_1 ed E_2 e $\rho(f_0)$ è la densità spettrale di potenza della radiazione che investe il materiale, valutata alla frequenza f_0. Le tre R sono i tassi di emissione spontanea, stimolata e di assorbimento rispettivamente. All'equilibrio termico per N_1 ed N_2 vale la seguente relazione (distribuzione di Boltzmann; T-temperatura assoluta; k-costante di Boltzmann):

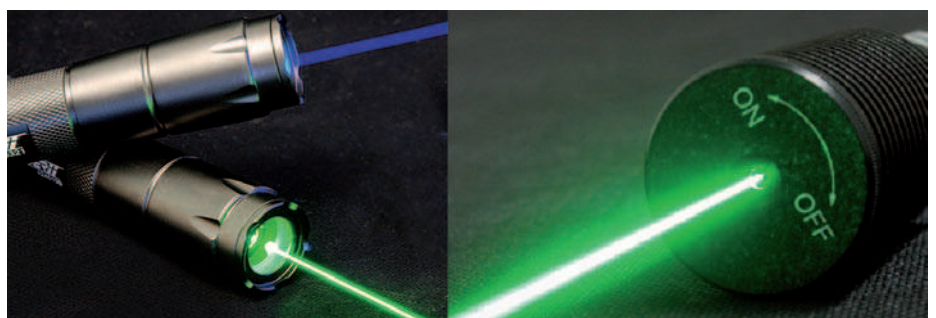
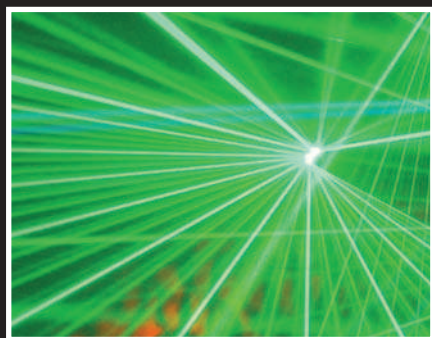



Figura 1: emissione laser.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{e^{-E_1/kT_M}}{e^{-E_2/kT_M}} = e^{(E_2-E_1)/kT_M)} = e^{(hf_0/kT_M)}$$

Alle frequenze delle trasmissioni ottiche, a temperatura ambiente, il secondo membro è >>1 cioè $N_1 >> N_2$ (livello base molto più popolato del livello eccitato). All'equilibrio termico:

$$R_{SP} = BN_2 8\pi h f_0^3 / c^3$$

$$R_{ST} = BN_2 \frac{8\pi h f_0^3 / c^3}{e^{hf_0/kT_M} - 1}$$

$$R_{AS} = BN_1 \frac{8\pi h f_0^3 / c^3}{e^{hf_0/kT_M} - 1}$$

Evidentemente $R_{SP} >> R_{ST}$ per le lunghezze d'onda dell'infrarosso vicino all'equilibrio termico e per qualunque temperatura ragionevole. In altre parole, per ottenere emissione stimolata è necessario operare lontano dall'equilibrio termico in presenza della condizione $N_2 >> N_1$ (condizione di inversione di popolazione).
Dal punto di vista della teoria quantistica non vi è differenza tra la transizione dallo stato 1 allo stato 2 e quella dallo stato 2 allo stato 1, nel senso che l'eccitazione e la diseccitazione coinvolgono in entrambi i casi l'energia del fotone hf0=E2-E1. Se l'atomo è nello stato 2 (stato eccitato), un fotone con energia hf0=E2-E1 incidendo su quell'atomo stimola la diseccitazione. La diseccitazione in questo caso è di tipo stimolato e la particolarità dell'emissione sta nel fatto che il fotone incidente e il fotone stimolato si allontanano in accordo di fase viaggiando nella stessa direzione e verso e con la stessa fase (radiazione coerente). Il fotone stimolato emesso può stimolare a sua volta altri atomi a emettere fotoni. La diseccitazione, in realtà, avverrebbe comunque anche senza stimolazione; la differenza sta nel fatto che mentre nel processo di emissione spontanea i fotoni vengono emessi in direzioni casuali e senza accordo di fase, in quella stimolata vengono emessi quasi simultaneamente e in accordo di fase, producendo un fascio di radiazione coerente. Se tale fascio di radiazione è la luce, il dispositivo è detto laser, mentre se la radiazione appartiene al campo delle microonde, come accadeva nei primi dispositivi costruiti in base a questo principio, il dispositivo è chiamato MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, cioè amplificazione di microonde mediante emissione stimolata di radiazione).

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL LASER: CAVITÀ RISONANTE E AMPLIFICAZIONE OTTICA

Si è detto che per ottenere emissione stimolata è necessario operare lontano dall'equilibrio termico in presenza della condizione $N_2 >> N_1$ (inversione di popolazione). L'inversione di popolazione viene generata eccitando gli atomi mediante una sorgente energetica esterna (operazione di pompaggio). Il materiale sottoposto a pompaggio diventa attivo in quanto in grado di amplificare, per emissione stimolata, un fascio di fotoni incidenti. Tutti i laser sono strutturalmente costituiti da una cavità risonante nei confronti della data lunghezza d'onda; tale cavità è caratterizzata da due superfici alle estremità della stessa, una completamente riflettente e l'altra solo parzialmente riflettente. Le riflessioni successive dei fotoni generati determinano, a ogni attraversamento della regione attiva,

Figura 2: fenomeni di interazione radiazione/materia.

Figura 3: schematizzazione semplificata dell'emissione stimolata.

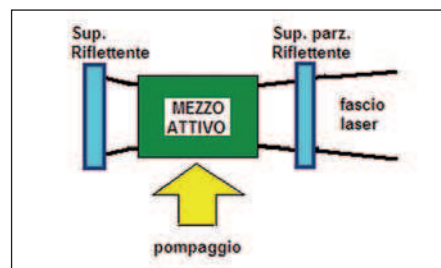



Figura 4: schematizzazione di un laser.

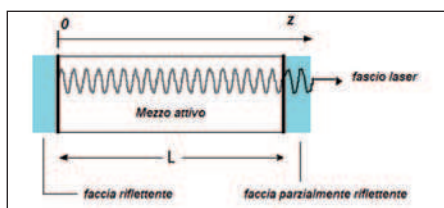



Figura 5: schema di principio di un laser a cavità.

l'amplificazione del fascio luminoso di frequenza f per emissione stimolata. Si ottiene in questo modo la radiazione monocromatica coerente ad alta intensità emessa dall'estremità in cui è collocato lo specchio semiriflettente (**figura 4**).

È importante sottolineare che, normalmente, la luce attraversando un materiale è assorbita da questo poiché cede energia agli atomi che incontra e che, solo eccitando gli atomi con una adeguata fonte energetica esterna, le probabilità che avvengano l'emissione stimolata e l'assorbimento cambiano, poiché cambia la percentuale di atomi a livello E_2 rispetto a quella degli atomi a livello E_1. Se si genera un'inversione di popolazione in cui vi siano più atomi a livello E_2 che a livello base E_1, l'emissione stimolata avviene cioè con maggiore probabilità rispetto all'assorbimento; di conseguenza la luce attraversando il materiale guadagna potenza invece di perderla (guadagno ottico).

Il fenomeno è energeticamente giustificato dal fatto che l'inversione di popolazione è ottenuta fornendo energia dall'esterno per mezzo del pompaggio. La **figura 4** schematizza in maniera generale la struttura e il funzionamento di un laser e ne evidenzia in particolare alcuni elementi essenziali:

- il mezzo ottico attivo;
- l'energia fornita al mezzo ottico tramite il pompaggio;
- lo specchio riflettente;
- lo specchio semiriflettente;
- il fascio laser in uscita.

Il mezzo ottico attivo presente in un laser fa infatti da amplificatore, e per trasformarlo in un oscillatore è necessario reazionarlo positivamente, il che spiega l'introduzione delle superfici riflettenti e quindi della cavità risonante. Il segnale che si genera nella cavità viene ripetutamente riflesso alle interfacce e viene amplificato a ogni attraversamento della cavità. Si instaura in questo modo un equilibrio dinamico in cui si ha l'emissione del fascio laser dall'interfaccia parzialmente riflettente e in cui la potenza "spillata" da questa più le perdite in cavità sono tali da non disinnescare l'oscillazione stessa sostenuta dal pompaggio. Più precisamente, è possibile affermare che il guadagno ottico bilancia esattamente le perdite per assorbimento e la potenza di segnale emessa all'esterno. Per ottenere coerenza temporale dell'emissione stimolata, la distanza L tra le interfacce deve essere pari a un multiplo intero di mezza lunghezza d'onda. Tenendo conto della relazione tra lunghezza d'onda e frequenza segue che la cavità può sostenere geometricamente solo frequenze ben precise (**figura 5** e **figura 6**). Teoricamente queste sono in numero infinito, tuttavia essendo il guadagno g(f) del materiale indotto dal pompaggio caratterizzato da una curva a campana, si conclude che solo per un numero finito di esse (alle quali g è sufficientemente elevato) può aversi l'azione laser (**figura 6**).

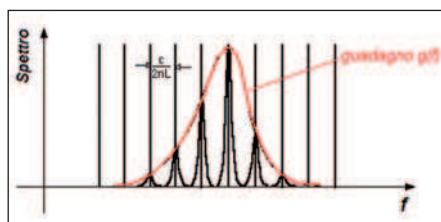



Figura 6: modi di oscillazione di un laser a cavità con mezzo a guadagno ottico ideale (righe verticali) e con mezzo a guadagno ottico reale g(f) [2]

CARATTERISTICHE DELLA RADIAZIONE LASER

Le caratteristiche della radiazione laser che ne determinano il vasto campo di applicazioni sono le seguenti:

- direzionalità: questa proprietà è fondamentale in molte applicazioni che necessitano di precisione;
- monocromaticità;
- brillanza: dalle precedenti proprietà deriva che nei laser la quantità di energia emessa per unità di angolo solido è estremamente elevata, da cui le applicazioni tecnologiche nelle lavorazioni meccaniche (si pensi al taglio laser dei metalli);
- coerenza: diversamente da quello che accade nell'emissione spontanea, in quella stimolata ogni fotone presenta stessa fase del fotone incidente e medesima direzione e verso;
- impulsi ultra-brevi: con diverse tecniche è possibile costruire laser che emettono pacchetti di onde di durata temporale brevissima (anche dell'ordine del femtosecondo). Questi laser trovano impiego in diversi campi della ricerca.

UN PO' DI STORIA

Il principio dell'emissione stimolata che è alla base del funzionamento dei laser fu descritta già da Albert Einstein nel 1917 nel suo articolo "Zur Quantentheorie der Strahlung". Einstein gettava con esso le fondamenta per l'invenzione del laser e del suo predecessore, il maser. Il Maser è infatti un dispositivo simile al laser (tanto che nei primi studi si parlava del laser come "optical maser") che si distingue sostanzialmente per il fatto di operare nel campo delle microonde. Dal 1917 dovettero trascorrere alcuni decenni prima che due fisici statunitensi, Arthur Schawlow e Charles Hard Townes, brevettassero il primo laser nel 1958, quando la paternità della scoperta venne reclamata anche da un altro statunitense: Gordon Gould (**figura 7**).

L'invenzione del laser fu accompagnata dalla pubblicazione dell'articolo "Infrared and Optical Masers" di Arthur L. Schawlow (Bell Labs) e Charles H. Townes (consulente Bell Labs). Il lavoro di Schawlow e Townes deriva dagli studi che essi avevano condotto nel corso degli anni '40 e '50 nel campo delle microonde. Negli anni successivi altri fisici continua-

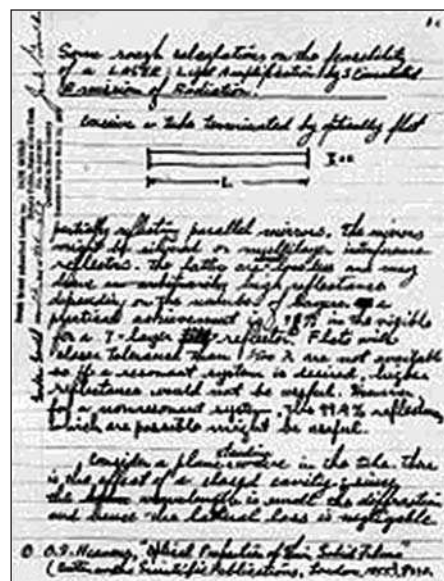



Figura 7: una pagina degli appunti in cui per la prima volta Gordon Gould usò il termine laser [3].

rono gli studi sui laser, come Theodore Maiman che osservò il primo fascio laser in un cristallo di rubino e Ali Javan che mise a punto il primo laser elio-neon. La nuova invenzione era destinata a rivoluzionare molti campi della scienza, dalle telecomunicazioni alla medicina.

L'EMISSIONE RADIATIVA NEI SEMICONDUTTORI

Tra i materiali impiegati come emettitori di radiazione nel vicino infrarosso vi sono, prima di tutto, i semiconduttori. Il livello E_2 corrisponde allora alla E_c della banda di conduzione mentre la E_1 corrisponde alla E_v della banda di valenza. Il gap di energia $E_g=E_c-E_v=hf_0$ è detta energia di band-gap (silicio $E_g=1.1$ eV e $\lambda=1.13$ μm, germanio $E_g=1.42$eV e $\lambda=0.87\mu$m). Ogni volta che, nel semiconduttore, un elettrone eccitato nella banda di conduzione ritorna nella banda di valenza (ricombinazione elettrone/lacuna) si ha emissione di un fotone alla lunghezza d'onda λ. Anche se il semiconduttore è fortemente drogato è necessario ricorrere a una sorgente esterna per aumentare il numero di elettroni eccitati. Realizzando una giunzione p-n polarizzata direttamente e iniettando un elevato numero di elettroni nella zona di svuotamento (che poi è la zona attiva) è possibile mettere gli stessi elettroni nelle condizioni di ricombinarsi con le lacune. Tale ricombinazione può essere in realtà di tipo radiativa oppure di tipo non radiativa. La ricombinazione radiativa comporta emissione di fotoni mentre quella non radiativa avviene in modo tale che l'energia di gap non venga ceduta come fotone ma trasferita sotto forma di energia cinetica ad altri portatori o dissipata in vibrazioni reticolari. Il silicio presenta elevata probabilità di ricombinazione non radiativa al contrario dell' arseniuro di gallio (GaAs) che per questo motivo è stato negli anni '60 il primo materiale impiegato per la costruzione di dispositivi optoelettronici. L'attitudine di un semiconduttore alla ricombinazione non radiativa è dovuta alla modalità di transizione dallo stato E_c allo stato E_v (oltre alla conservazione dell'energia $E_g=E_v+hf_0$, la transizione richiede la conservazione della quantità di moto $p=hf_0/c$). I semiconduttori vengono distinti (**figura 8**) in "a gap diretto" (es. GaAs) e "a gap indiretto" (es. Ge, Si). Nel GaAs, la banda di valenza e quella di conduzione sono direttamente affacciate (massimo di E_v e minimo di E_c) e la transizione radiativa avviene facilmente nel rispetto di questi due principi (band-gap diretto). Nel Si, invece questo non può accadere. Nei semiconduttori a gap indiretto è, quindi, meno probabile che avvenga la transizione radiativa. In conclusione, per costruire un LED oppure un laser impiegando un semiconduttore è necessario che questo sia a gap diretto.

Figura 8: diagrammi di stato (E-p) di semiconduttori a gap diretto e indiretto [2].

LA SOGLIA LASER

Per innescare l'effetto laser in un laser è necessario che l'emissione stimolata che sostiene la radiazione sia preponderante rispetto alla perdite dovute all'assorbimento e a quelle che si originano alle estremità della cavità. In queste condizioni si ha un incremento esponenziale della potenza della radiazione man mano che questa si propaga lungo il mezzo reso attivo dal pompaggio e dalla conseguente inversione di popolazione (ciascun fotone generato stimola a sua volta l'emissione di altri fotoni fino a che lo svuotamento del livello superiore di energia non è talmente forte che il guadagno satura). La radiazione è riflessa alle estremità della cavità e riamplificata ripetutamente e si stabilisce un sostanziale equilibrio tra potenza di pompaggio, perdite nella cavità e potenza emessa in forma radiativa. Ovviamente, se il pompaggio è blando, il guadagno ottico lungo la cavità non è sufficiente a superare le perdite e l'effetto laser non si innesca; di conseguenza un laser è sempre caratterizzato da una soglia di pompaggio nota come soglia laser.

REGIMI OPERATIVI DI FUNZIONAMENTO

Esistono laser che presentano una emissione continua (CW-continuous wave) e

Figura 9: sistema laser a tre e a quattro livelli.

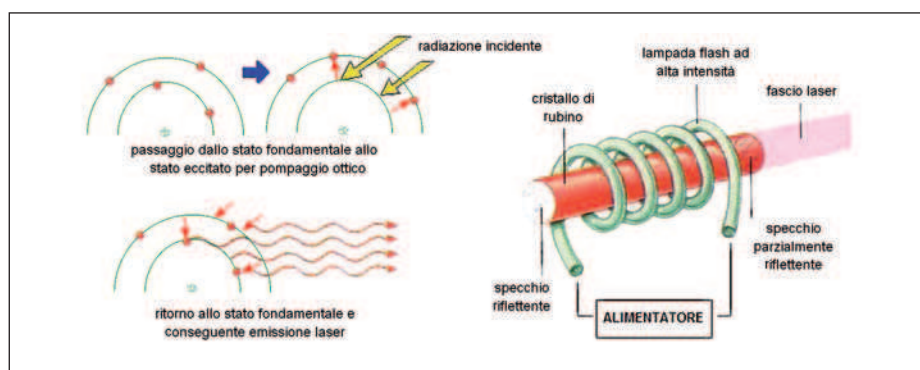



Figura 10: laser al rubino [1].

laser che emettono radiazione pulsata. Nei primi l'inversione di popolazione e la radiazione in uscita sono costanti nel tempo, nei secondi, invece, la radiazione in uscita alterna periodi di emissione a periodi di non emissione. Le modalità di generazione pulsata impiegano tecniche quali *Q-switching* (basato sul controllo dell'effetto elettroottico in cavità), *modelocking* e *gain-switching* e sono generalmente caratterizzate da elevate potenze di picco.
L'emissione *Q-switching* produce impulsi laser di breve durata (5-50 ns) e di elevata potenza attraverso mezzi meccanici (inserzione e disinserzione di schermi opachi nella cavità ottica), mezzi elettroottici oppure per via fotochimica agendo sul Q della cavità ottica (Q molto basso quindi alte perdite nella cavità per cui non si ha emissione; Q molto alto quindi basse perdite nella cavità per cui il mezzo laser assume alto guadagno e l'energia accumulata al livello E_2 si converte rapidamente in impulso di radiazione ad alta potenza.

TIPI DI POMPAGGIO

Le tecniche di pompaggio possono essere di due tipi: ottiche o elettriche. Per i laser che impiegano materiali solidi, quali il rubino e il neodimio, si utilizza il pompaggio ottico (per esempio lampade flash), per i materiali gassosi (per esempio laser elio-neon) si utilizza generalmente il pompaggio elettrico, che consiste nel far passare attraverso il materiale attivo gassoso una scarica elettrica continua o impulsiva, mentre per i laser a semiconduttore si utilizza ancora una corrente elettrica (iniezione di portatori). La scelta dipende in ogni caso dal tipo di materiale attivo utilizzato nella costruzione del laser, il che determina anche lo spettro di emissione dello stesso laser.

SISTEMI A PIÙ LIVELLI

Molti sistemi laser sono in realtà sistemi a più livelli (**figura 9**). Il laser a cristallo di rubino, per esempio, è un sistema in cui gli elettroni vengono pompati dallo stato base E_1 a quello E_3 (instabile) più elevato del livello metastabile E_2. Gli elettroni permangono in E_3 per un tempo molto breve, decadono quindi velocemente, in modo non radiativo, sul livello E_2 che è metastabile con tempo di permanenza elevato e qui si accumulano in quantità sufficiente e tale da realizzare l'inversione di popolazione tra i livelli E_2 ed E_1 di emissione stimolata. Analogamente è possibile avere sistemi a quattro livelli (**figura 9**) in cui si ha prima la transizione non radiativa da E_3 a E_2 (metastabile) e poi quella radiativa da E_2 a E_1 e, infine il decadimento rapido su E_0 da E_1.

TIPI DI LASER

Con il passare degli anni si sono scoperte centinaia di sostanze (solide, liquide o gassose) capaci di sostenere un'azione laser. Lo sfruttamento dell'emissione stimolata in una cavità risonante, ottenuta rendendo attivo un materiale opportuno mediante il pompaggio, è un principio comune a tutti i laser. Essi si differenziano, pertanto, principalmente per il materiale attivo impiegato e lo spettro di emissione; tutte le altre differenze, compresi i differenti campi applicativi, sono una conseguenza. Si distinguono i seguenti tipi di laser:

- laser allo stato solido;
- laser a gas;
- laser a elettroni liberi;
- laser chimici;
- laser a semiconduttore;
- laser a liquidi;
- laser a vapori metallici.

LASER A STATO SOLIDO

Sono laser il cui pompaggio è generalmente ottenuto mediante luce proveniente da tubi flash a xeno, lampade ad arco o lampade a vapori di metallo. Molti laser di questa categoria sono noti in letteratura anche come *Crystal and Glass Laser* e sono stati tra i primi a essere messi a punto. Il loro sviluppo è iniziato con l'impiego del rubino. Il rubino sintetico è costituito da ossido di alluminio e piccole quantità di cromo (le impurità di cromo conferiscono al rubino il suo caratteristico colore rosso) ed è preferito a quello naturale risultando più puro. Nel 1960 Charles Townes e Arthur

Figura 11 : laser elio-neon [1].

Figura 12: esemplari di diodi laser.

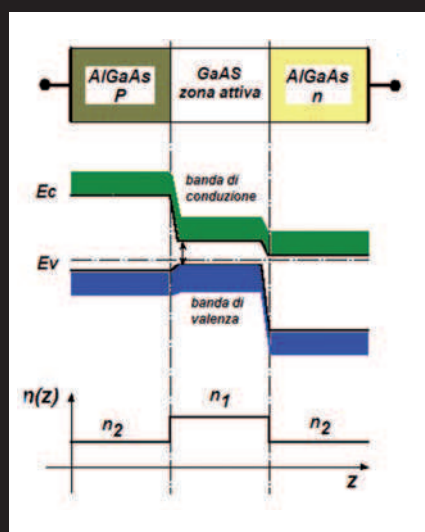



Figura 13: confinamento dei portatori e dell'emissione in un LED a etero struttura.

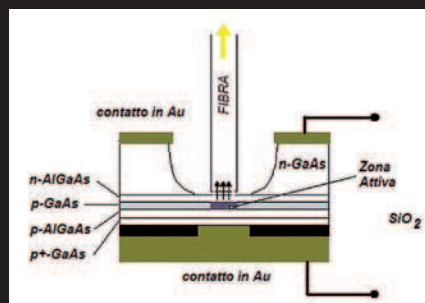



Figura 14: LED di Burrus a doppia etero giunzione.

Shawlow richiamarono l'attenzione proprio sulle proprietà dei cristalli di rubino. Il sistema elettronico è più complesso di un semplice sistema a due livelli. In particolare gli stati energetici E_2 ed E_3 sono in realtà bande. La luce bianca emessa dalla sorgente di pompaggio comprende fotoni che permettono il pompaggio di queste bande di energia. La transizione laser genera radiazione nella parte rossa dello spettro, a 6934 Angstrom. Il cristallo di rubino ha forma di un cilindro con le superfici estreme parallele (**figura 10**), una argentata che fa da specchio e l'altra semiargentata che consente l'emissione della radiazione. Il pompaggio è assicurato da una lampada a scarica a forma di spirale avvolta intorno al cristallo cilindrico. Non appena un fotone subisce una transizione spontanea, si innesca l'azione laser. La maggior parte dei fotoni emessi spontaneamente in realtà non và in direzione parallela all'asse e non contribuisce al fascio laser, ma il numero dei fotoni che si riflette è sufficiente a sostenere l'azione laser. Un altro laser a cristallo abbastanza comune è il Nd:YAG (*Yttrium Alluminium Carnet*), laser che impiega alluminio, ittrio e ossigeno e piccole quantità di neodimio. Se il neodimio viene associato al vetro si ottiene il Neodymium glass o Nd:GLASS laser, più economico ma con scarsa conduttività termica, motivo che lo relega a impieghi intermittenti. In **tabella 1** si riporta l'elenco dei laser di questo tipo oggi noti e le relative applicazioni.

LASER A GAS

I laser a gas rappresentano una vasta gamma di laser caratterizzati da basso costo realizzativo e da una notevole semplicità di costruttiva. Gas molto impiegati sono l'elio-neon, l'elio-cadmio, l'argon, il diossido di carbonio e il kripton. Tra questi, quello a diossido di carbonio merita una citazione particolare essendo tra i più potenti laser a gas esistenti, tanto che il suo raggio è in grado di tagliare la quasi totalità dei metalli. Il tipo di laser a gas più semplice, comune e meno costoso resta in ogni caso il laser a elio-neon (He-Ne; **figura 11**). Esso è costituito da due tubi di vetro collegati tra loro e riempiti con una miscela di elio e neon gassosi a bassa pressione. Uno dei due tubi presenta uno specchio riflettente a una estremità, e all'altra uno specchio semiriflettente. L'altro tubo è un tubo a scarica che presenta due elettrodi alle estremità. All'interno del tubo a scarica la corrente eccita gli atomi del gas che emette luce rossa. La regione di eccitazione si estende anche al tubo laser da cui si ha l'emissione del fascio laser. In **tabella 2** si riporta un elenco dei principali laser a gas oggi noti.

LASER AD ANIDRIDE CARBONICA (CO_2)

Il laser ad anidride carbonica (CO_2), inventato da Kumar Patel dei Laboratori Bell nel 1964, è uno dei più usati sia in campo medico che in campo industriale. Emette un fascio di luce infrarossa la cui lunghezza d'onda principale è centrata fra i 9.4 e i 10.6 micrometri. Si tratta dei laser a onda continua più potenti disponibili nella tecnica (possono essere progettati per potenze che vanno da pochi milliwatt a diverse centinaia di kilowatt). L'inversione di popolazione è ottenuta per scarica elettrica. Al suo interno è possibile integrare un dispositivo *Q-switch* (specchio rotante o commutatore elettro-ottico) che lo rende capace di emettere impulsi. L'alta potenza rende i laser CO_2 ampiamente impiegati nelle lavorazioni industriali per taglio e saldatura. Realizzati per potenze molto più piccole, risultano invece adeguati per impieghi medici in chirurgia.

LASER CHIMICI

In **tabella 3** sono riportati i principali laser chimici conosciuti, utilizzati per lo più in campo militare.

LASER A ECCIMERI

Un laser a eccimeri (dimeri eccitati, **tabella 4**) produce radiazione nella regione dell'ultravioletto. Il primo laser a eccimeri risale al 1971 ed era realizzato impiegando un dimero di xeno (Xe_2) eccitato con un fascio di elettroni (lunghezza d'onda di emissione: 172 nm). In realtà, i gas nobili sono inerti e non formano normalmente legami chimici con altri elementi, tuttavia, quando vengono eccitati (tramite una scarica elettrica o un fascio di elettroni) i loro atomi possono legarsi temporaneamente in dimeri (molecole composte da due atomi di gas nobile) o complessi con atomi di alogeni. Tali dimeri e complessi cedono il loro eccesso di energia emettendo fotoni e tornano nello stato fondamentale, dove nell'arco di pochi picosecondi si dissociano nuovamente in atomi isolati. General-

TABELLA 1 - PRINCIPALI LASER ALLO STATO SOLIDO [3]

MEZZO	LUNGHEZZA D'ONDA	POMPAGGIO	IMPIEGHI
Laser a rubino	694.3 nm	Lampada stroboscopica	Olografia, rimozione di tatuaggi. Il primo tipo di laser a luce visibile inventato (1960)
Laser Nd:YAG	1.064 µm, (1.32 µm)	Lampada stroboscopica, diodo laser	Lavorazione di materiali, misurazione distanze, puntatori laser, chirurgia, ricerca, pompaggio di altri laser. Di solito funziona a impulsi
Laser Er:YAG	2.94 µm	Lampada stroboscopica, diodo laser	Odontoiatria
Laser Nd:YLF	1.047 e 1.053 µm	Lampada stroboscopica, diodo laser	Pompaggio impulsivo di certi tipi di laser Ti:zaffiro
Laser Nd:YVO_4	1.064 µm	Diodo laser	Generalmente usato per il pompaggio continuo di laser Ti:zaffiro o a coloranti in modelocking. Usato anche a impulsi per marcatura e microlavorazioni meccaniche
Laser Nd:YCOB (Nd:$YCa_4O(BO_3)_3$)	~1.060 µm (~530 nm alla seconda armonica)	Diodo laser	Nd:YCOB è un cosiddetto "materiale laser ad autoraddoppio di frequenza" o materiale SFD, che oltre a essere capace di amplificazione laser ha anche caratteristiche ottiche non lineari che lo rendono capace di funzionare in seconda armonica
Laser Neodimio) -vetro (Nd:Glass ~1.054 µm (vetri ai fosfati)	~1.062 µm (vetri ai silicati),	Lampada stroboscopica, diodo laser	Usati per potenze ed energie estremamente elevate (dell'ordine del terawatt)
Laser titanio -zaffiro (Ti:zaffiro)	650-1100 nm	Altri laser	Spettroscopia, ricerca
Laser Tm:YAG (Tm:YAG)	2.0 µm	Diodo laser	Lidar
Laser itterbio: YAG (Yb:YAG)	1.03 µm	Diodo laser, lampada stroboscopica	Lavorazione materiali, ricerca sugli impulsi ultrabrevi, microscopia multifotonica, Lidar
Laser a vetro o drogato con itterbi	1. µm	Diodo laser	La versione a fibra è in grado di produrre parecchi kilowatt di potenza continua. Lavorazione di materiali: taglio, saldatura, marcatura; fibre ottiche non lineari
Laser Olmio:YAG (Ho:YAG)	2.1 µm	Diodo laser	Ablazione tissutale, rimozione di calcoli renali, odontoiatria
Laser Ce:LiSAF, Ce:LiCAF (fluoruro di litio, stronzio, o calcio, e alluminio drogato con cerio)	~280-316 nm	Pompaggio di laser Nd:YAG, di laser a eccimeri, di laser a vapori di rame	Sensoristica, Lidar, ricerca ottica
Laser al crisoberillo drogato al cromo (alessandrite)	Generalmente sintonizzato nella gamma da 700 a 820 nm	Lampada stroboscopica, diodo laser, arco al mercurio	Dermatologia, Lidar, lavorazioni laser
Laser a vetro drogato con erbio o ed erbio-itterbi	1.53-1.56 µm	Diodo laser	Le fibre ottiche drogate con erbio sono comunemente usate come amplificatori ottici per telecomunicazioni
Laser a stato solido al fluoruro di calcio drogato con uranio trivalente (U:CaF_2)	2.5 µm	Lampada stroboscopica	È stato il primo laser a stato solido a quattro livelli (novembre 1960) sviluppato da Peter Sorokin e Mirek Stevenson nei laboratori IBM. Oggi non è più usato
Laser a fluoruro di calcio drogato con samario bivalente (Sm:CaF_2)	708.5 nm	Lampada stroboscopica	Anche questo inventato da Peter Sorokin e Mirek Stevenson nei laboratori IBM e oggi non più usato

mente la radiazione prodotta appartiene alle frequenze dell'ultravioletto.

LASER A SEMICONDUTTORE

I laser a semiconduttore (diodi laser) sono i laser allo stato solido più diffusi. Tra le loro caratteristiche più importanti vi sono le dimensioni particolarmente compatte. La cavità risonante è ottenuta mediante il confinamento della zona di giunzione tra due pareti riflettenti. Il fatto di essere pompati elettricamente e la compattezza li rende adatti a numerosi impieghi commerciali quali lettori di compact disc (CD), stampanti laser e lettori di codici a barre. Anche l'odierna diffusione della banda larga su fibra ottica non sarebbe possibile senza i diodi laser, oggi estremamente piccoli e veloci. Il più semplice laser a semiconduttore è formato da una giunzione p-n e risulta pertanto simile a un diodo LED con la differenza di avere in più

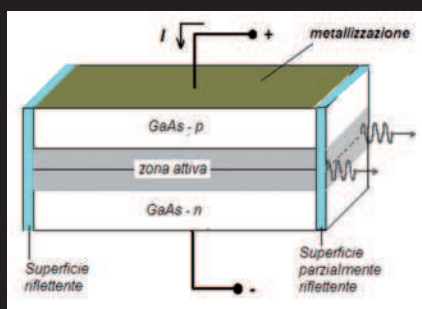
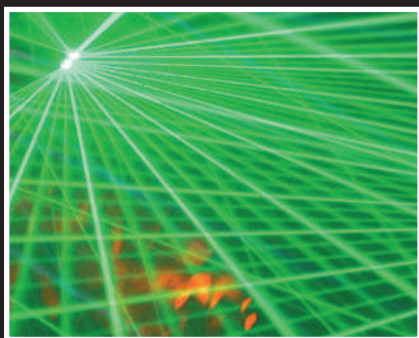



Figura 15: struttura di principio di un laser a cavità a semiconduttore.

una azione laser originata dal pompaggio costituito da una corrente applicata alla giunzione p-n e una cavità ottica. Quando il diodo laser è polarizzato direttamente ,le lacune della regione p vengono iniettate nella regione n, e gli elettroni dalla regione n nella regione p. Elettrone e lacuna possono ricombinarsi per emissione spontanea (con emissione di un fotone con un'energia uguale alla differenza tra gli stati dell'elettrone e della lacuna). L'emissione spontanea innesca, di conseguenza, l'oscillazione laser (un fotone avente energia pari all'energia di ricombinazione può stimolare un'altra ricombinazione generando un altro fotone della stessa frequenza viaggiante nella stessa direzione e con la stessa polarizzazione e fase). Il guadagno ottico dovuto all'emissione stimolata è tanto maggiore quanto maggiore è il numero di elettroni e lacune iniettati attraverso la giunzione. La struttura è fatta in modo che i diversi strati semiconduttori realizzino un adeguato confinamento ottico formando una

Figura 16: tipiche caratteristiche guadagno-lunghezza d'onda e potenza-corrente in un laser a semiconduttore.

vera e propria guida d'onda. Tali dispositivi sono impiegati, in particolare, nei sistemi di trasmissione ottica. Tra i motivi principali vi sono i seguenti fattori:

- semplicità di fabbricazione;
- basso costo;
- alta affidabilità;
- buona linearità della caratteristica corrente/potenza;
- semplicità dei circuiti elettronici di pilotaggio;
- relativa insensibilità a variazioni della temperatura.

STRUTTURE DI DIODI LED E DIODI LASER

Una semplice giunzione p-n (omogiunzione) è caratterizzata da una regione di svuotamento ampia in cui si ha la ricombinazione dei portatori iniettati. Confinando i portatori in una zona più piccola attraverso una doppia eterogiunzione (DH, *Double Hetero-junction*), si aumentare la densità di carica e, quindi, il flusso ottico. Lo strato eterogeneo drogato o intrinseco confina al proprio interno i portatori iniettati grazie alla discontinuità nei livelli energetici dei materiali (tipicamente GaAs e AlGaAs). Mentre la E_g dello strato centrale attivo è minore della Eg degli strati laterali, l'indice di rifrazione è maggiore (**figura 13**). Lo strato attivo confina al suo interno i portatori e come una guida d'onda i fotoni emessi. In **figura 14** è riportata la struttura tipica di un LED per telecomunicazioni (diodo a emissione superficiale o di Burrus). La luce è emessa ortogonalmente alla giunzione, a differenza di quanto accade nel diodo a emissione laterale, in cui la luce viene confinata su una striscia parallela al piano di giunzione, consentendo una maggiore densità di iniezione dei portatori. La banda dell'emissione limita l'utilizzo del LED nei sistemi ottici ad alta velocità poiché l'emissione spontanea, che caratterizza il funzionamento del LED, dà origine a un segnale che non possiede coerenza temporale. La struttura di base di un laser a semiconduttore è riportata in **figura 15**. La condizione di inversione di popolazione si può assicurare solo con un forte drogaggio sia del materiale p che di quello n che costituiscono la giunzione. L'inversione di popolazione è tanto maggiore quanto maggiore è la corrente di conduzione diretta e quindi la densità di portatori iniettati. La **figura 16** riporta alcune curve tipiche che mostrano come il guadagno varia in funzione della lunghezza d'onda (laser InGaAsP). Si nota come sia necessario superare una certa iniezione per avere guadagno, e una certa corrente di soglia I_{th} per innescare l'azione laser.

Figura 17: laser a semiconduttore con struttura ridge-waveguide.

Figura 18: soppressione dei modi in un laser monomodo [2].

BANDA E FENOMENI PARASSITI DEI LASER A SEMICONDUTTORE

Dalla caratteristica potenza di uscita-corrente si deduce che è possibile usare un laser a semiconduttore come modulatore di ampiezza facendo variare la corrente di pompaggio proporzionalmente al segnale modulante. Altri impieghi possono però derivare dal fenomeno del *chirping* (in presenza di una variazione notevole della corrente di pilotaggio, l'indice di rifrazione del mezzo attivo varia in funzione del grado di iniezione, ciò produce a sua

TABELLA 2 – PRINCIPALI LASER A GAS [3]

MEZZO	LUNGHEZZA D'ONDA	POMPAGGIO	IMPIEGHI
Laser elio-neon	632.8 nm (543.5 nm, 593.9 nm, 611.8 nm, 1.1523 μm, 1.52 μm, 3.3913 μm)	Scarica elettrica	Interferometria, olografia, spettroscopia, scansione di codici a barre, allineamento, dimostrazioni ottiche
Laser ad argo	454.6 nm, 488.0 nm, 514.5 nm (351 nm, 457.9 nm, 465.8 nm, 476.5 nm, 472.7 nm, 528.7 nm)	Scarica elettrica	Fototerapia retinica, litografia, microscopia, pompaggio di altri laser
Laser al kripton	416 nm, 530.9 nm, 568.2 nm, 647.1 nm, 676.4 nm, 752.5 nm, 799.3 nm	Scarica elettrica	Ricerca scientifica
Laser a ioni di xeno	Molte righe spettrali dall'ultravioletto fino all'infrarosso	Scarica elettrica	Ricerca scientifica
Laser ad azoto	337.1 nm	Scarica elettrica	Pompaggio di laser a coloranti organici, misura inquinamento ambientale, ricerca scientifica, laser amatoriali
Laser ad anidride carbonica	10.6 μm, (9.4 μm)	Scarica elettrica	Lavorazione di materiali (taglio, saldatura, etc.), chirurgia
Laser a monossido di carbonio	2.6-4 μm, 4.8-8.3 μm	Scarica elettrica spettroscopia fotoacustica	Lavorazione di materiali (incisione, saldatura etc.),
Laser a eccimeri	193 nm (ArF), 248 nm (KrF), 308 nm (XeCl), 353 nm (XeF) scarica elettrica	Ricombinazione di eccimeri mediante	Litografia ultravioletta per fabbricazione di circuiti integrati, chirurgia laser

TABELLA 3 - PRINCIPALI LASER CHIMICI [3]

MEZZO	LUNGHEZZA D'ONDA	POMPAGGIO	IMPIEGHI
Laser a fluoruro di idrogeno	da 2.7 a 2.9 μm	Reazione chimica in un flusso di combustione di etalene e trifluoruro di azoto (NF_3) potenze dell'ordine del megawatt	Ricerche sugli armamenti laser (ministero della difesa degli Stati Uniti), funziona in onda continua e può raggiungere
Laser a fluoruro di deuterio	~3800 nm (3.6-4.2 μm)	Reazione chimica	Proiettile a energia impulsiva e laser tattico ad alta energia
COIL (Chemical Oxygen-Iodine Laser)	1.315 μm (<70% trasmittanza atmosferica)	Reazione chimica in un flusso di ossigeno e può avere potenze dell'ordine del megawatt	Armamenti laser, ricerca scientifica, funziona in onda continua

volta una modulazione di fase). Un laser è, idealmente, un generatore di segnale sinusoidale puro; in realtà, come accade per gli oscillatori elettronici, il segnale prodotto presenta una densità spettrale di potenza che non coincide esattamente con una riga a causa di fluttuazioni di frequenza, fase e ampiezza. La fonte principale di disturbo è l'emissione spontanea cui si aggiunge l'instabilità termica.

TIPI DI DIODI LASER

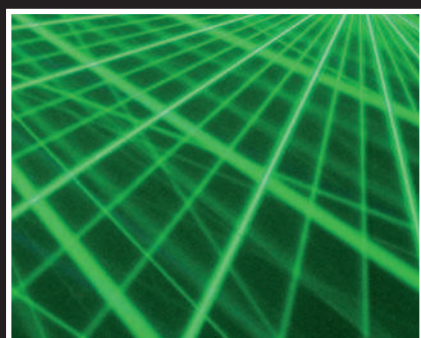
I diodi costituiti da un'eterostruttura semplice sono inefficienti, per questo motivo si preferisce impiegare laser a doppia eterostruttura in cui uno strato di materiale a basso band-gap viene posto tra due strati ad alto band-gap. La regione dove gli elettroni e le lacune libere esistono simultaneamente è confinata al sottile strato intermedio che fa da regione attiva. I laser a semiconduttore quindi presentano doppie eterogiunzioni guidanti per un buon confinamento dell'emissione. La giunzione è su di un piano orizzontale e l'emissione avviene longitudinalmente. Tuttavia, questi laser ad "area estesa" non sono usati nelle telecomunicazioni per l'inefficiente accoppiamento con la fibra. Un primo miglioramento si ha con il laser a striscia d'ossido in cui è attiva solo la zona centrale (**figura 17**). Un miglioramento ulteriore della struttura si ottiene creando una discontinuità anche "laterale" sull'indice di rifrazione. L'area attiva è confinata internamente al semiconduttore da tutti i lati. La variazione laterale dell'indice di rifrazione produce un migliore confinamento laterale dell'emissione (eterostruttura sepolta). Diodi laser di questo tipo sono molto usati nelle telecomunicazioni ottiche.

LASER A SEMICONDUTTORE MONOMODO

La distanza tra due modi in un laser è $\Delta f=c/2nL$ (**figura 6**) ed è dell'ordine di alcune decine fino al centinaio di GHz. La presenza di più modi di oscillazione può essere un ostacolo per la realizzazione di trasmettitori nei quali è importante che il laser oscilli a una frequenza ben definita. Di conseguenza non si desiderano laser multimodo, che possono generare fenomeni di dispersione temporale. Una soluzione per inibire i modi trasversali e tutti i modi longitudinali diversi dal modo fondamentale è quella di rendere le perdite nella cavità selettive al variare della lunghezza d'onda (**figura 18**). Un'altra soluzione è quella di impiegare i cosiddetti riflettori di Bragg distribuiti (DBR, *Distributed Bragg Reflectors*) che permettono di creare alle estremità del dispositivo due riflettori di riflettività selettiva (**figura 19**).

LASER A POZZO QUANTICO

Accenniamo ai laser a pozzo quantistico (QW-*Quantum Well*). Se lo strato intermedio attivo è abbastanza sottile, dell'ordine della lunghezza d'onda della radiazione laser, esso agisce come pozzo quantico. In queste condizioni la fisica quantistica la fa da padrona nello spiegare i fenomeni che si originano. L'efficienza di un laser di questo tipo è maggiore di

Figura 19: struttura di principio di un laser DBR (Distributed Bragg Reflectors) [2].

quella laser semplice. Utilizzando più di uno strato a pozzo quantico si ottengono i laser a pozzi quantici multipli (*MQW-multi-quantum-well*). Il risultato macroscopico è la drastica diminuzione della corrente di soglia e la modifica della curva del guadagno ottico, maggiore selettività con conseguente maggiore purezza spettrale di emissione.

EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI DIODI LASER

L'evoluzione dei diodi laser ha portato, nel tempo, a studiare e realizzare diversi tipi di strutture. Il diodo a pozzo quantico semplice, per esempio, presenta lo strato sottile troppo piccolo per confinare efficacemente la luce. Aggiungendo altri due strati, esternamente ai primi tre, con indice di rifrazione inferiore agli strati centrali è possibile confinare la luce in maniera più efficace. In questo modo si ottiene un diodo laser a eterostruttura a confinamento separato (SCH). Quasi tutti i diodi laser commerciali prodotti dal 1990 sono diodi SCH. Un altro tipo di struttura molto usata nei diodi laser è quella che caratterizza il laser a retroazione distribuita. In questo tipo di laser, per stabilizzare la lunghezza d'onda del laser, un reticolo di

Figura 20: esperimento con un laser [3].

TABELLA 4 - PRINCIPALI LASER A ECCIMERI [3]

ECCIMERO	LUNGHEZZA D'ONDA
F_2	157 nm
ArF	193 nm
KrF	248 nm
XeBr	282 nm
XeCl	308 nm
XeF	351 nm
CaF_2	193 nm
KrCl	222 nm
Cl_2	259 nm

diffrazione che agisce come filtro ottico viene inciso vicino alla giunzione p-n del diodo in modo da consentire guadagno solo a una precisa lunghezza d'onda. Il reticolo fornisce la retroazione stessa necessaria a dare origine all'effetto laser, il che sostituisce la riflessione classica alle facce estreme. I laser così ottenuto è detto a retroazione distribuita (*Distributed Feed-Back* o DFB) ed è il tipo di trasmettitore più comune nei sistemi DWDM, essendo caratterizzato da una lunghezza d'onda stabile che varia poco con la temperatura. Altri laser a semiconduttori degni di nota sono i laser a cavità verticale (VCSEL - Vertical Cavity Surface Emitting Laser) che possiedono l'asse della cavità ottica lungo la direzione del flusso di corrente invece che perpendicolarmente a esso. La lunghezza della regione attiva è molto piccola se comparata con le dimensioni laterali e la radiazione emerge dalla "superficie" della cavità piuttosto che dai bordi. Simili sono anche i laser a cavità esterna verticale a emissione superficiale (*Vertical External-Cavity Surface-Emitting Lasers*) in cui uno dei due specchi è esterno alla

TABELLA 5 - PRINCIPALI DIODI LASER [3]

MEZZO	LUNGHEZZA D'ONDA	POMPAGGIO	IMPIEGHI
Diodo laser a semiconduttore (informazioni generiche)	0.4-20 µm, a seconda del materiale della regione attiva	Corrente elettrica	Telecomunicazioni, olografia, stampa laser, sorgenti di pompaggio per altri laser
GaN	0.4 µm		Dischi ottici
AlGaAs	0.63-0.9 µm		Dischi ottici, puntatori laser, telecomunicazioni. I laser a 780 nm (lettori CD) sono il tipo di laser più comune al mondo. Pompaggio di altri laser a stato solido, lavorazioni industriali, applicazioni mediche
InGaAsP	1.0-2.1 µm		Telecomunicazioni, pompaggio di altri laser a stato solido, lavorazioni industriali, applicazioni mediche
Sali di piombo	3-20 µm		
Vertical cavity surface emitting laser (VCSEL)	850-1500 nm a seconda del materiale		Telecomunicazioni
Laser a cascata quantica	Dal medio al lontano infrarosso		Ricerca e strumenti di diagnosi medica
Laser ibridi al silicio	Medio infrarosso		Ricerca

TABELLA 6 - PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI LASER

APPLICAZIONI DI USO COMUNE
Lettori di codici a barre
Lettori di CD-ROM e DVD
Stampanti laser
Comunicazioni su fibre ottiche (sorgenti di segnale)
Mouse ottici per computer
Puntatori laser (visibili di colore rosso o verde)
Misure e strumentazione, allineamento laser
Puntatori laser
Effetti visuali nei concerti e nello spettacolo
Barriere laser
IMPIEGHI NEL CAMPO DELLA MEDICINA
Chirurgia
Oculistica
Odontoiatria
Dermatologia
Diagnosi
APPLICAZIONI INDUSTRIALI
Misurazioni (telemetro)
Processamento di materiali, saldatura e taglio laser
Laser scanner 3D e misuratori 3D
Analisi spettrali
Diodi laser usati come sensori nell'ambito dei controlli automatici
Olografia
RICERCA
Spettroscopia
Fusione nucleare
Impulsi ultracorti
IMPIEGHI MILITARI
Individuazione del bersaglio
Armi laser
Puntatori laser
ALTRE APPLICAZIONI
Restauro

struttura del diodo in quanto la cavità include una regione di spazio libero.

GUASTI

I diodi laser hanno affidabilità e guasti simili a quelli dei LED. Essi sono soggetti a danneggiamenti detti danneggiamenti ottici catastrofici (COD - *Catastrophic Optical Damage*) quando funzionano ad alta potenza. Tali guasti sono dovuti a effetti termici a valanga identificati già negli anni '70. Da allora sono stati sviluppati molti accorgimenti tecnologici derivati per lo più dagli studi di reverse engineering. Nonostante ciò, la fisica dei guasti dei diodi laser non è ancora del tutto chiara e la ricerca in questo campo è molto attiva e in gran parte non pubblica, dato che gli accorgimenti che hanno permesso l'incremento di affidabilità dei diodi laser negli ultimi 20 anni rimangono per lo più di esclusiva proprietà dei rispettivi sviluppatori. In tabella 5 si riassumono i principali diodi laser esistenti attualmente.

ALTRI TIPI DI LASER

Esistono altri tipi di laser meno noti oltre a quelli fin qui presentati. In particolare, laser a liquido che utilizzano sostanze liquide come mezzo attivo pompato otticamente con potenti lampade flash oppure con laser a gas ausiliari. Altri tipi di laser, impiegati essenzialmente nella ricerca, sono i laser a elettroni liberi che impiegano gli elettroni liberi di un plasma o i laser a vapori metallici (generalmente pompati per scarica elettrica) che possono impiegare elio-cadmio, elio-mercurio, vapori di rame o di oro. Concludiamo la rassegna ricordando che oggi sono in realtà noti migliaia di tipi di laser, ma la maggior parte di essi è sperimentale e solo una parte presenta applicazioni consolidate.

Figura 21: telemetro laser impiegato in campo militare [3].

APPLICAZIONI

Le proprietà dell'emissione laser (coerenza, monocromaticità e alta brillanza) determinano il vasto campo applicativo di questi dispositivi. L'elevatissima brillanza è dovuta alla concentrazione di una grande potenza in un'area ridotta (caratteristica alla base delle applicazioni nel taglio, nell'incisione e nella saldatura di metalli anche con elevata precisione). La monocromaticità e coerenza rende i laser strumenti estremamente precisi di misura di distanze, spostamenti e velocità, dell'ordine del millesimo di millimetro. La monocromaticità rende inoltre i laser adatti a generare le informazioni da trasportare su fibra ottica nei sistemi di telecomunicazione (le sorgenti ottiche utilizzate sono principalmente i diodi laser). Volendo far riferimento a qualche nota storica va detto che fino alla fine degli anni '70, le applicazioni dei laser sono rimaste in fase di sviluppo e di studio, ma comunque sotto un costante interesse da parte di gruppi di ricerca e industrie, tanto che lo stesso CNR aveva avviato in quegli anni importanti ricerche nel settore investendo in special modo nella fisica quantistica. La ricerca sui laser appariva promettente per le possibili ripercussioni e applicazioni in campo industriale, nel campo delle telecomunicazioni e in campo medico. Le conoscenze acquisite e l'individuazione di sempre nuove sorgenti laser hanno consentito lo sviluppo di numerose applicazioni. Nel settore meccanico le tecnologie laser hanno permesso di migliorare la qualità dei prodotti e di molti processi di lavorazione. Nelle applicazioni mediche (fotochirurgia, fotocoagulazione, trattamenti di cute e tessuti vari), l'impiego clinico dei laser ha permesso di introdurre terapie medico-chirurgiche innovative con vantaggi per il paziente (riduzione dei tempi di ricovero).

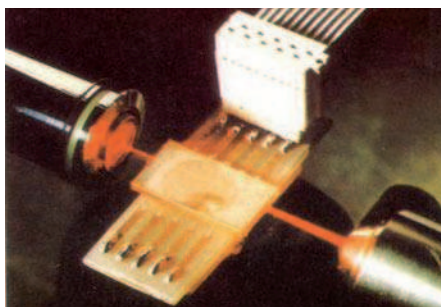



Figura 22: applicazione di un laser [1].

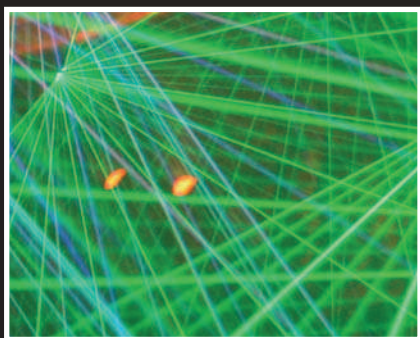



Figura 23: impiego di laser nel campo dello spettacolo [3].

In campo militare e nel campo della ricerca i laser rivestono un'importanza altrettanto rilevante, senza dimenticare le innumerevoli applicazioni tecniche in strumenti di uso quotidiano come CD-ROM, stampanti laser e lettori di codici a barre. Fasci laser di elevata potenza possono essere concentrati per riscaldare, forare, fondere o vaporizzare sostanze con grande precisione. Con un laser è persino possibile forare diamanti e sintetizzare nuovi materiali.
La luce laser può essere impiegata insieme alle fibre ottiche per trasmettere a grande distanza con bassissime perdite (telecomunicazioni). In campo militare esistono poi puntatori laser per armi, in campo civile livelle laser (settore edile) e puntatori per conferenze. L'alta direzionalità del raggio laser può essere sfruttata per misurare una distanza (si sono utilizzati i laser persino per misurare con esattezza la distanza della Luna dalla Terra) con estrema precisione (dai micron alle decine di metri). Il telemetro laser infatti sfrutta un raggio laser a bassa energia e quindi non pericoloso per determinare una distanza. Un cronometro ad alta precisione misura il tempo che intercorre tra l'emissione e il ritorno del raggio laser cui segue il calcolo della distanza percorsa (distanza = velocità × tempo/2). La precisione arriva al metro per chilometro di distanza. In campo militare i laser sono in ogni caso impiegati prevalentemente nei sistemi di puntamento, difficilmente come arma offensiva diretta. Si è cercato in realtà di sviluppare laser di elevata potenze che fossero allo stesso tempo maneggevoli e trasportabili su mezzi militari, tuttavia oggi si è in grado di realizzare laser di notevole potenza e laser portatili, ma è difficile realizzare laser che integrino entrambi le caratteristiche. Il laser

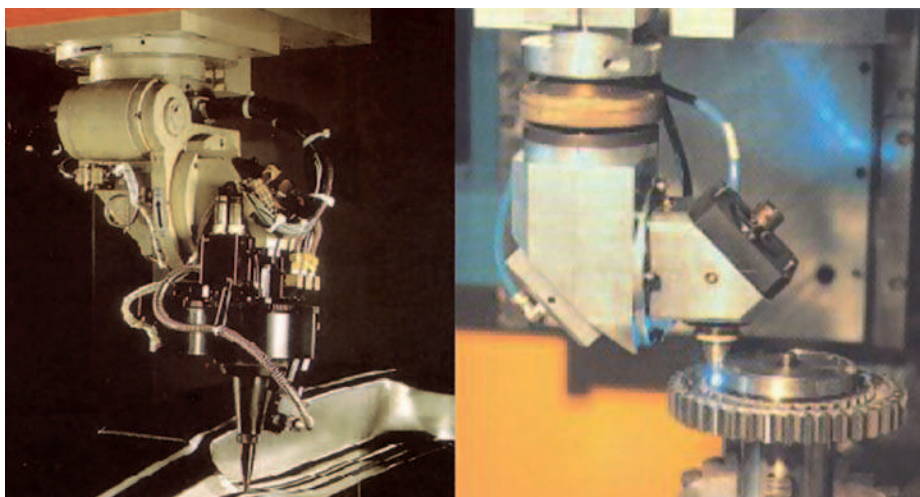



Figura 24: esempio di laser impiegati in campo industriale [1], [4].

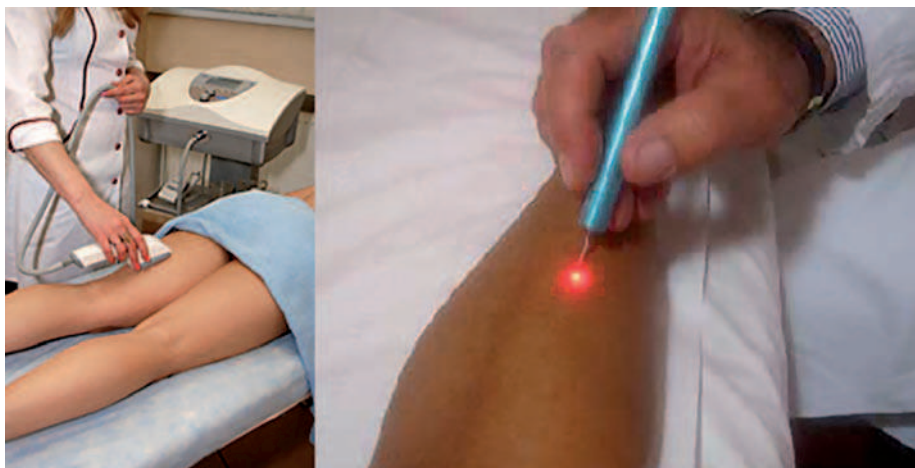



Figura 25: la laser-terapia utilizzata in medicina estetica [3].

PER *approfondire...*

[1] Scuola di elettronica, Teoria, tecnica, pratica (Enciclopedia Peruzzo Editore)
[2] Le comunicazioni ottiche, http://www.ing.unipi.it/~d7384/com_ottiche/
[3] Tipi di laser, http://it.wikipedia.org/wiki/Lista_di_tipi_di_laser
[4] http://cnr.it
[5] Optoelectronics, An Introduction, cap. 5 (Lasers I), J. Wilson, J.F.B.Hawkes
[6] Optoelectronics, An Introduction, cap. 6 (Lasers II), J. Wilson, J.F.B.Hawkes
[7] Laser Electronics, cap.8 (Laser Oscillation and amplification), Joseph T. Verdeyen
[8] Laser Electronics, cap.9 (General Characteristics of Lasers), Joseph T. Verdeyen
[9] Lasers Excitation, cap.10 (Laser Electronics), Joseph T. Verdeyen
[10] Laser Electronics, cap.11 (Semiconductor Laser), Joseph T. Verdeyen

può essere infine utilizzato nel mondo dello spettacolo (per far comparire scritte, figure, animazioni) oppure come sensore per intercettare la presenza di oggetti o macchine entro una determinata area (barriere laser).
La tecnologia del laser, inoltre, ha trovato ultimamente impiego anche nel campo artistico e precisamente nel restauro di opere d'arte. La possibilità di indirizzare un fascio laser con una precisione molto superiore a quella di uno scalpello o di un pennello manovrato manualmente sulla superficie di un dipinto o di un opera d'arte è una potenzialità tutta ancora da sfruttare, e che nella più semplice delle applicazioni può consentire di rimuoverne sporco senza il rischio di danneggiare le stesse opere. L'argomento rimane piuttosto ampio, concludiamo riassumendo quanto detto nell'apposita **tabella 6**.

CD-ROM E DVD

Una delle applicazioni più comuni dei laser è quella che vede i diodi laser impiegati nei lettori e masterizzatori CD-ROM e DVD. Le informazioni binarie su di un CD sono impresse sotto forma di depressioni (pits). Durante la lettura o la registrazione dell'informazione, la velocità di rotazione è controllata in modo tale che la traccia si muova sotto il fascio laser a velocità costante (la traccia del CD è letta focalizzando sulla stessa il fascio laser). La luce riflessa da una buca presenta una differenza di fase di 180 gradi rispetto a quella riflessa da una cresta. Se la luce è riflessa da una valle o da una cresta, l'onda riflessa è codificata come zero, quando invece si incontra una transizione buca-cresta, le due onde interferiscono distruttivamente e non c'è luce riflessa e ciò è letto come un uno. Il CD-ROM in particolare è letto attraverso un laser a diodo con lunghezza d'onda 780 nm (infrarosso), mentre il DVD impiega la lunghezza d'onda della radiazione laser pari a 650 nm (rosso). Questo consente di ridurre le dimensioni delle "buche" ma anche quella tra le tracce, da cui il notevole incremento della capacità complessiva del supporto. I supporti ottici di ultima generazione (Blue-ray) usano invece un diodo laser a lunghezza d'onda ancora più piccola (405 nm - blu) e permettono di incrementare ulteriormente la capacità di immagazzinamento.

IL LASER IN MEDICINA

Il laser è oggi uno strumento molto diffuso anche in ambito medico, soprattutto in campo chirurgico, dermatologico e vascolare. Le numerose applicazioni si differenziano, nello specifico, per la lunghezza d'onda della radiazione, per la durata, la potenza e le modalità (impulsi più o meno brevi e più o meno intensi) impiegate per i trattamenti. La possibilità di agire su strati di tessuto anche molto sottili in campo chirurgico, di impiegare diverse lunghezze d'onda e un assorbimento selettivo da parte dei diversi tessuti bersaglio, l'impiego nella cura di rughe, vitiligine, tumori benigni, nevi, macchie cutanee, nella rimozione di tatuaggi, nella depilazione permanente e nella correzione di difetti rifrattivi della vista come miopia, astigmatismo, ipermetropia sono oggi tutte applicazioni dei laser in medicina.

CLASSIFICAZIONE DEI LASER IN BASE ALLA POTENZA E NORME DI SICUREZZA

I laser sono classificati in base alla potenza nelle seguenti classi:

- Classe I (<1mW), completamente innocui per gli operatori;
- Classe II (<4mW), normalmente non in grado di arrecare danni alla vista (ad es. stampanti laser);
- Classe IIIa (<5mW), che potrebbero essere in grado arrecare danni la vista (ad es. puntatori laser);
- Classe IIIb (<500mW), in cui l'esposizione diretta è pericolosa per la vista e può causare danni alla cute;
- Classe IV (>500mW), pericolosi per qualunque tipo di esposizione (caso tipico sono i laser industriali usati per il taglio dei metalli).

Spesso gli operatori che impiegano determinati tipi di laser sono tenuti a utilizzare particolari occhiali scuri per proteggere gli occhi o indossare pesanti guanti foderati di piombo. La caratteristica dei laser di emettere spesso la luce infrarossa o ultravioletta non deve inoltre distogliere dall'adottare le dovute precauzioni nel loro impiego.

CONCLUSIONI

Come abbiamo potuto comprendere, esistono moltissimi tipi di laser alcuni dei quali ampiamente utilizzati nella tecnica comune, soprattutto nell'ambito industriale, nelle telecomunicazione, in ambito militare, nelle applicazioni commerciali, nella medicina e ultimamente persino in campo artistico. Lo scenario applicativo così come oggi ci appare è il risultato di oltre cinquant'anni di sviluppi e di studi sulla struttura fisica della materia e sull'interazione radiazione-materia. La fisica quantistica è stata fondamentale nel comprendere i meccanismi che sono alla base del funzionamento di questi dispositivi. Gli sviluppi che nel corso degli ultimi decenni hanno visto protagonista l'industria dei semiconduttori in ambito elettronico hanno inoltre aperto la strada alla soluzione di numerose problematiche di natura tecnologica ricorrenti anche nella costruzione dei laser a semiconduttore. Molto è stato fatto e molto ancora ci si può aspettare, nel prossimo futuro, dall'applicazione dei laser praticamente in tutti i settori industriali e tecnico-scientifici. ❑

di GIOVANNI DI MARIA

COSTRUIAMO un geofono

(seconda parte)

In questa seconda puntata esaminiamo la funzione del microcontrollore, elemento che svolge un compito molto importante nella costruzione del nostro geofono

Il compito del microcontrollore è fondamentale e riveste un duplice aspetto:
- acquisisce il segnale analogico esterno e lo converte in un formato binario digitale;
- prepara il pacchetto dei dati e lo invia al Personal Computer.

Entrambe le funzioni sono espletate da un unico software implementato sul microcontrollore PIC 16F876. Il motivo della scelta dipende dal fatto che questo tipo di MCU dispone di un sistema di conversione A/D, utile al nostro scopo.

Figura 1: videata della compilazione del programma per PIC.

Il convertitore A/D

L'amplificatore riesce a innalzare abbondantemente il segnale prodotto dalla bobina. Per renderlo intelligibile e compatibile con la codifica binaria è necessario digitalizzarlo, ossia campionare i suoi valori istantanei in equivalenti valori binari. Il digitalizzatore utilizzato è contenuto nel microcontrollore PIC16F876 e il software in esso implementato esegue tale compito. Per rendere l'intera procedura più semplice abbiamo deciso di trattare l'A/D con una risoluzione di 8 bit. Pertanto, la

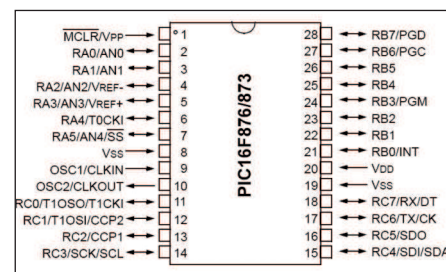



Figura 2: pinout 16F876.

minima tensione misurabile equivale a 5/256=0,01953125 V, più che sufficienti a pilotare il monitor con un grafico chiaro e leggibile. A prima vista si potrebbe pensare che la risoluzione di 8 bit possa essere insufficiente, ma si vedrà che il risultato finale raggiunto sarà ottimo, poiché l'analisi del segnale è soprattutto grafica e visiva, e non numerica e matematica.

Il trasmettitore dei dati

Una volta che il segnale è stato acquisito, esso deve essere inviato al PC tramite la porta seriale. Di questo si occupa la seconda parte del software che provvede a preparare il byte utile sulla porta di uscita digitale tramite il protocollo RS232. Ciascun byte corrispondente al livello di tensione del sensore è inviato ogni 50 ms. Ovviamente si può modificare tale intervallo agendo direttamente sul programma.

Il software per il microcontrollore 16F876

Il software per il microcontrollore PIC 16F876 è mostrato nel **listato 1**. È estremamente semplice, dal momento che si occupa della digitalizzazione del segnale e del loro invio sulla porta seriale. La maggior parte delle istruzioni sono riservate alla configurazione dei parametri seriali, del funzionamento delle porte di I/O e della dichiarazione della variabile per la

LISTATO 1

```
rem Listato 1
rem SISMUS-CL
rem by GIOVANNI
DI MARIA
rem software per
PIC-16F876
define osc 8
define adc_bits 8
define debug_reg portb
define debug_bit 1
define debug_baud 2400
define debug_mode 0
lettura var byte
trisa=63
trisb=0
portb=0
while 1
  adcin 0,lettura
  serout portb.1,0,[lettura]
  pause 50
wend
```

lettura. Il blocco di codice (WHILE - WEND) contiene l'iterazione operativa vera e propria:

- la lettura del segnale del sensore (adcin 0,lettura);
- l'invio del dato sulla seriale (serout portb.1,0,[lettura]).

Il ciclo è cadenzato da una pausa di 50 ms, consentendo di ottenere una transazione dei dati pari a 20 Hz.

La compilazione

Il listato è stato scritto per il compilatore PICBASIC PRO. Tale piattaforma è a pagamento, tuttavia si può scaricare la versione demo, nella quale il limite impone un numero massimo di 31 linee di codice e circoscrive un ristretto numero di modelli di MCU. Per il nostro scopo è veramente utile e pienamente funzionante. Il compilatore è utilizzabile sotto il prompt dei comandi. Per informazioni sul suo utilizzo e sulla sua sintassi si può consultare il sito ufficiale riportato alla fine del presente articolo. Ad ogni

Figura 3: il PIC 16F876.

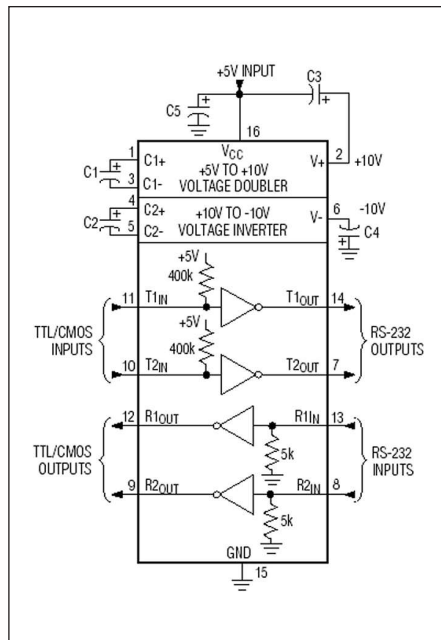



Figura 4: pinout RS232.

modo, la compilazione è molto semplice da eseguire. Infatti, dopo aver memorizzato il file sorgente con estensione .BAS, basta inoltrare il comando:

```
PBPDEMO PROGRAMMA.BAS -P16F876
```

Se la procedura è esente da errori verrà prodotto il file PROGRAMMA.HEX pronto per essere scaricato sul microcontrollore.

Il PIC può essere programmato in tanti modi diversi, a cominciare dalla costruzione di un programmatore (tipo Ludipipo) con relativo software (IC-Prog) oppure, ancora meglio, utilizzando la scheda di sviluppo Easy-PIC della MikroElektronica, presentata su questa rivista qualche mese addietro.

Figura 5: package MAX232.

IL TRASLATORE DEI LIVELLI: IL MAX232

Il microcontrollore lavora con logica positiva con livelli di tensione compresi tra 0 V e 5 V. È necessario adeguare tali valori per consentire l'elaborazione da parte del Personal Computer e, nella fattispecie, dalla porta seriale che, come si sa, accetta valori di tensione pari a +12V/-12 V.

L'integrato preposto a tale compito è l'arcinoto MAX232 che effettua tale traslazione attraverso un oscillatore interno coadiuvato da alcuni condensatori elettrolitici che fungono da "pompa". A prima vista sembra che alcuni condensatori elettrolitici siano posizionati al contrario: la disposizione è invece corretta poiché nel circuito intervengono alcune tensioni negative dovute al circuito di switching.

PIC + MAX232 = UNITÀ INTELLIGENTE E DI COMUNICAZIONE

La scheda intelligente è composta da due unità separate, ciascuna preposta a una funzione importante e ben precisa.

Schema elettrico

In un unico circuito sono stati implementati il microcontrollore e il MAX232. Nella parte dell'alimentazione si trova il consueto 7805, allo scopo di abbassare la tensione di alimentazione accettata dai due integrati. Esso è coadiuvato da due condensatori che eliminano il rischio di auto-oscillazioni. Il microcontrollore funziona grazie a un quarzo di 8 MHz portato a oscillare dai due condensatori ceramici da 22 pF. Il piedino di reset (pin 1) è posto al valore logico vero tramite la relativa resistenza di pull-up, per permettere il funzionamento della MCU. L'integrato MAX232 è invece coadiuvato dai quattro condensatori elettrolitici per permetterne l'oscillazione e l'innalzamento delle tensioni ai valori previsti dal protocollo RS-232.

Il PCB e il montaggio

Anche questo PCB è molto semplice da realizzare. Data la sua grande semplicità, esso può essere creato tramite i pennarelli speciali o i trasferibili adatti per le piste o, meglio ancora, utilizzando la tecnica della fotoincisione che

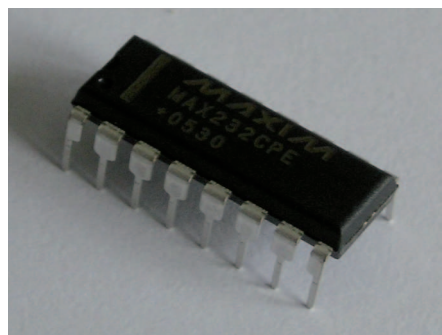
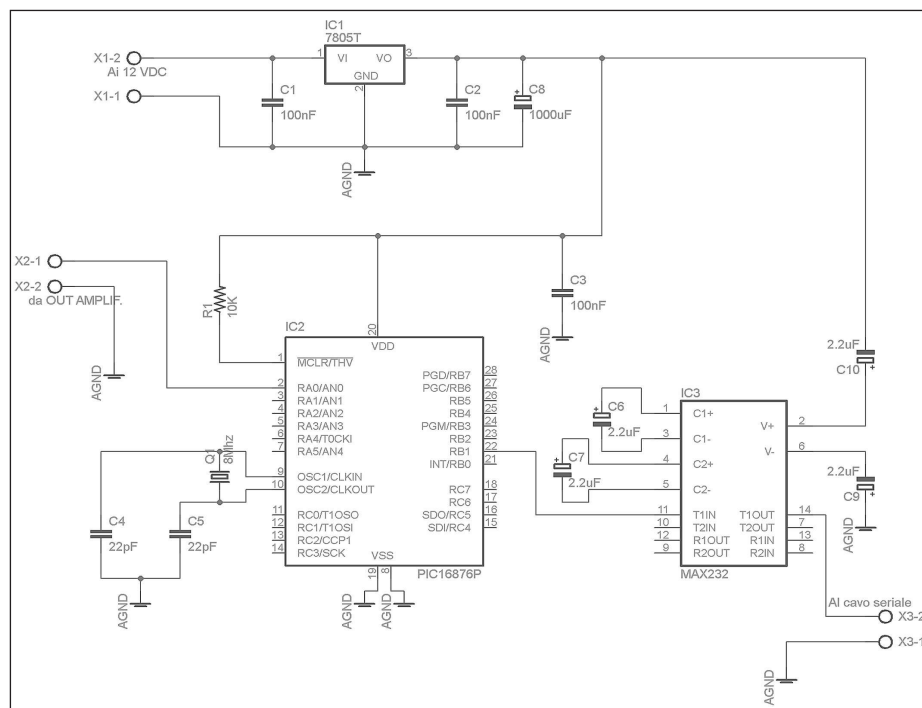



Figura 6: schema elettrico dell'unità intelligente e di comunicazione.

sicuramente dà i risultati migliori. Bisogna poi praticare dei fori con punta di trapano da 1 mm. Si procederà quindi alla saldatura dei componenti elettronici prestando molta attenzione ai componenti polarizzati.

Il software per il PC

Il software per il PC è un po' complesso, in versione minimale ma perfettamente funzionale. L'utente può modificarlo a proprio piacimento anche se già questa versione può essere utilizzata in maniera definitiva.
È scritto in linguaggio Basic e reso eseguibile con il compilatore Freebasic. Il listato (vedi **listato 2**) inizia con una serie di dichiarazioni e inizializzazioni di variabili. Quindi viene aperta la comunicazione seriale con la porta COM2 con i parametri 2400 N 8 1. Se la porta del PC è diversa dalla COM2 occorre sostituirla nella linea specifica. Volendo la si può implementare sotto forma di variabile. Inizia pertanto un ciclo infinito, nel quale vengono visualizzate le linee del sismogramma.
Ogni 10 millisecondi (sleep 10) viene quindi letta la porta seriale per l'acquisizione del dato del sensore e riportato sul monitor sottoforma di grafico. Alla fine dell'intero quadro, esso viene memorizzato come file BMP con un nome variabile, pari alla data e all'ora di inizio e l'intero processo ricomincia.
Se si vuole interrompere la procedura è sufficiente premere il tasto <ESC>. Si consiglia la lettura e la piena comprensione del listato sorgente, specialmente ai più esperti di programmazione Basic. Dopo la compilazione è sufficiente avviare l'eseguibile prodotto con il doppio click del mouse.

La compilazione

Il listato è stato scritto per il compilatore FreeBasic, funzionante al prompt dei comandi. Per informazioni sull'utilizzo e sulla sintassi del sistema di sviluppo si può consultare il sito ufficiale. La compilazione è molto semplice da eseguire. Dopo aver memorizzato il file sorgente con estensione .BAS basta inoltrare il comando:

```
FBC PROGRAMMA.BAS
```

Se la procedura è esente da errori verrà prodotto il programma eseguibile PROGRAMMA.EXE.

Alcune informazioni sul software

Durante il funzionamento del sistema, la traccia di registrazione si visualizza progressivamente sul video formando piccole increspature. Si tratta del rumore di fondo, ossia di microspostamenti della crosta terrestre che vengono rilevati dal nostro geofono. La velocità di tracciamento dipende da alcune variabili specificate nel programma, che determinano le seguenti temporizzazioni:

- durata di un intero quadro, ossia di un sismogramma completo: 80 minuti circa;
- durata di una riga intera: 120 secondi circa.

Ogni videata mette a disposizione un comodo righello temporale con il quale l'utente può comodamente e facilmente risalire agli orari di misurazione.

LO STORICO DELLE REGISTRAZIONI

Una delle peculiarità del progetto è quella di memorizzare i tracciati sottoforma di immagini BMP. Infatti il programma al PC prevede, a ogni fine quadro, la scrittura dell'intera videata in un file grafico, consultabile con qualsiasi programma di grafica o con il visualizzatore di Windows. Dal momento che il nome del file è sempre diverso, l'immagine dei precedenti sismogrammi viene cancellata.
La codifica del nome del file è interessante, è infatti strutturata secondo lo schema AAAAMMGGHHMMSS.BMP, dove:

- AAAA indica l'anno di inizio del tracciato corrente;
- MM indica il mese di inizio del tracciato corrente;
- GG indica il giorno di inizio del tracciato corrente;
- HH indica l'ora di inizio del tracciato corrente;
- MM indica il minuto di inizio del tracciato corrente;
- SS indica i secondi di inizio del tracciato corrente;
- BMP rappresenta l'estensione del file grafico di tipo bitmap non compresso.

Un esempio di nome corretto di file, generato automaticamente dal software è il seguente:

20090624113211.bmp

che determina un sismogramma BMP iniziato alle ore 11:32:11 del 24 giugno 2009. Ogni tracciato memorizzato occupa in hard disk lo spazio di circa 900 Kb. Successivamente è possibile rimuovere i sismogrammi privi di significato o senza eventi sismici.

LISTATO 2

```
rem Listato 2
rem SISMUS-CL
rem by GIOVANNI DI MARIA
rem software per PC-Freebasic
#include “vbcompat.bi”
rem ——- VARIABILI ———-
dim k                as single
dim i                as single
dim offset           as byte   ‘Correzione altezza della grafica
dim moltiplicatore   as byte   ‘Distanza tra le linee orizzontali
dim cx               as single
dim cy               as single
dim marginesx        as byte
dim numrighe         as byte
dim titolo           as string
dim lettura          as ubyte
dim NomeFile         as string
rem —- INIZIALIZZAZIONI ———-
offset         = 10
moltiplicatore = 12
marginesx      = 45
numrighe       = 38
rem —- PREPARA SCHERMO E COLORI ———-
screenres 640,480,24
color rgb(255,255,0),rgb(0,0,50)
OPEN COM “com2:2400,n,8,1,CS0,DS0,RS” FOR RANDOM AS #1
while 1
   cls
   rem —- TITOLI E TESTO ———-
    titolo="Stazione sismica SismusCL (Caltanissetta) - Inizio “ & Format(now, “dd/mm/yyyy
hh:mm”)
   Draw String (10, 465),titolo
   rem ———- Visualizza le 24 righe ———
   for k=0 to numrighe-1
      cy=(k*moltiplicatore)+offset
      line (marginesx,cy)-(639,cy),rgb(120,120,120)
   next k
   rem ———- DISEGNA GRAFICO ———
   for i=0 to numrighe-1
      Draw String (2,i*moltiplicatore+offset-3),left(time,5),rgb(0,200,0)
      pset (marginesx,(i*moltiplicatore)+offset),rgb(255,255,0)
      for k=marginesx to 639 step 0.25
         while 1
            lettura=asc(input(1,#1))
            if lettura<>0 then exit while
         wend
         cx=k
         cy=((i*moltiplicatore)+offset)+lettura-127
         line - ( cx,cy ), rgb(255,255,0)
         sleep 10
         if inkey=chr(27) then close 1:end
      next k
   next i
   rem —— Prepara il nome del file bitmap ——-
   NomeFile = “”
   NomeFile = NomeFile & Mid(date(),7,4)
   NomeFile = NomeFile & Left(date(),2)
   NomeFile = NomeFile & Mid(date(),4,2)
   NomeFile = NomeFile & Left(time(),2)
   NomeFile = NomeFile & Mid(time(),4,2)
   NomeFile = NomeFile & Right(time(),2)
   NomeFile = NomeFile & “.bmp”
   bsave NomeFile,0
wend
end
```

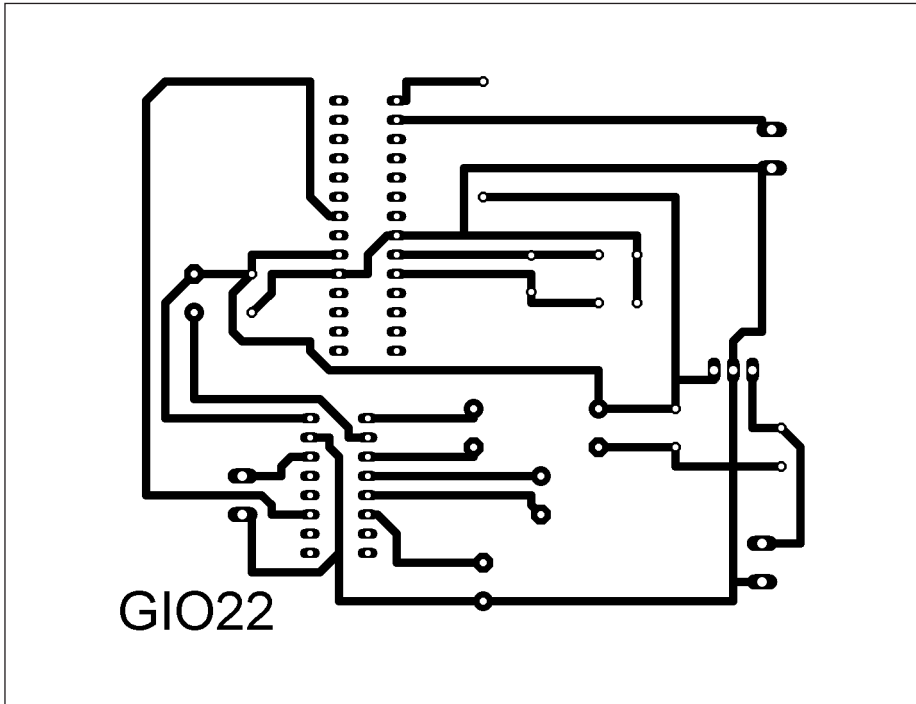



Figura 7: PCB della scheda intelligente e di comunicazione (lato rame).

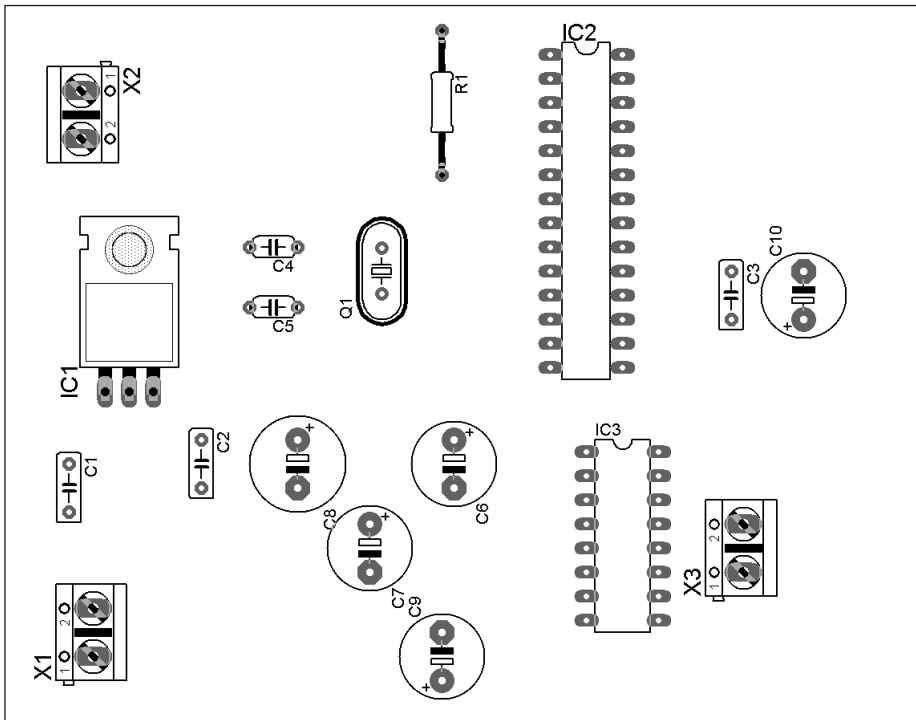



Figura 8: disposizione dei componenti sulla scheda intelligente e di comunicazione.

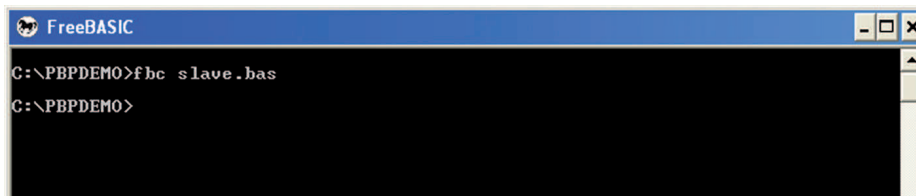



Figura 11: videata della compilazione del programma per PC.

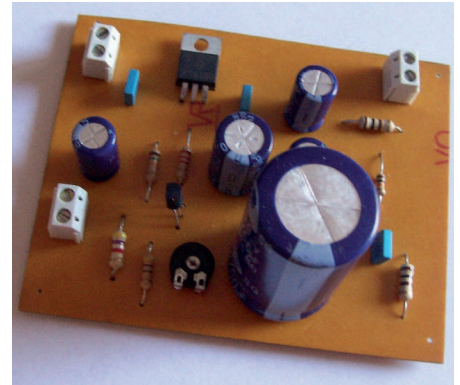



Figura 9: il prototipo dell'amplificatore completo.

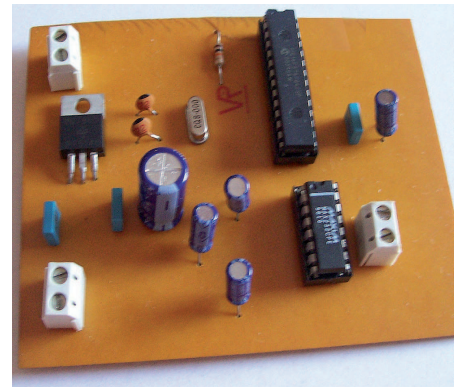



Figura 10: il prototipo della scheda intelligente e di comunicazione completo.

ASSEMBLAGGIO E COLLAUDO

Ora che abbiamo tutti i componenti a disposizione, siamo pronti per il montaggio finale. Un ultimo controllo a tutte le saldature, a tutti i montaggi meccanici non è da sottovalutare. Collegare quindi tutte le schede elettroniche con dei cavetti ai rispettivi morsetti. Controllare se vi sono cortocircuiti nelle piastre, mediante il tester. Qualche minuto speso in questa fase vi farà risparmiare parecchie ore in seguito.Il collaudo è molto semplice da effettuare. Occorre, nell'ordine, attivare le seguenti componenti:

- dare tensione al circuito intelligente col PIC;
- dare tensione al circuito amplificatore;
- avviare il software al PC.

Il transitorio dei condensatori causa un avvio del sistema dopo circa 60 secondi, per cui la prima videata sarà affetta da un segnale transitorio di adattamento. È possibile tuttavia escludere tale fatto concludendo il programma con il tasto <ESC> e avviarlo nuovamente. In questo caso il circuito sarà subito a regime e non sarà affetto da tale problema.

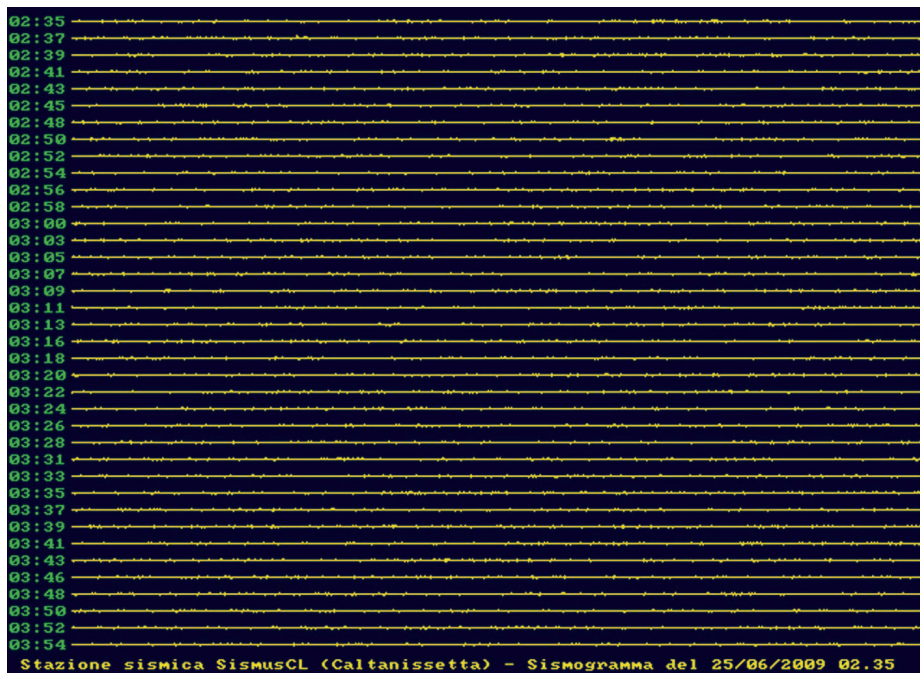



Figura 12: videata di una registrazione "tranquilla".

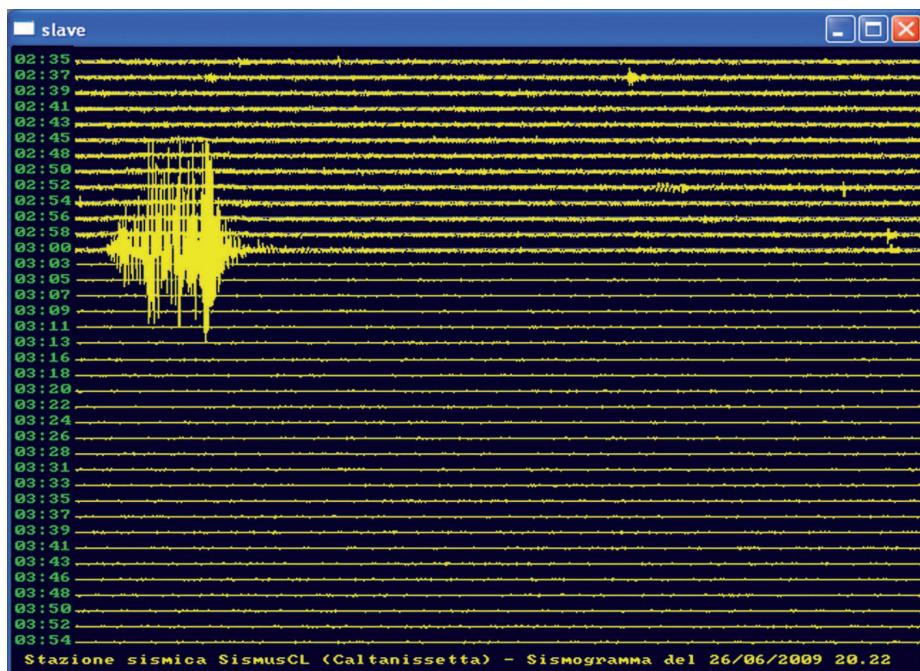



Figura 13: la registrazione di un piccolo evento locale.

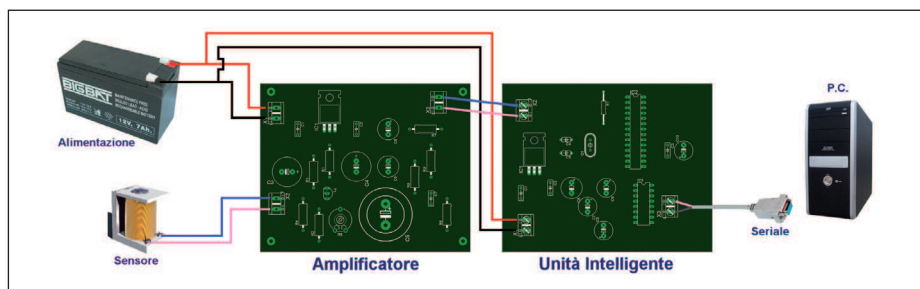



Figura 18: l'assemblaggio complessivo dell'intero sistema.

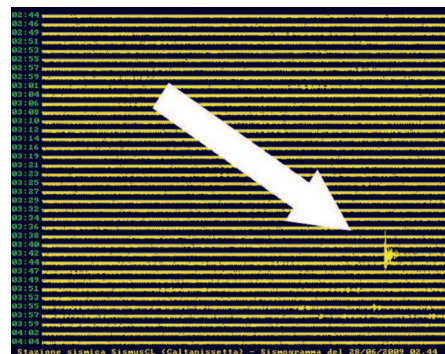



Figura 14: esplosione reale di un'automobile nel cuore della notte alla distanza di 200 metri.

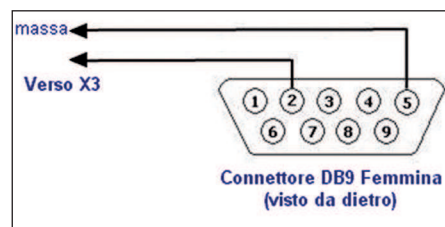



Figura 15: schema del connettore seriale.

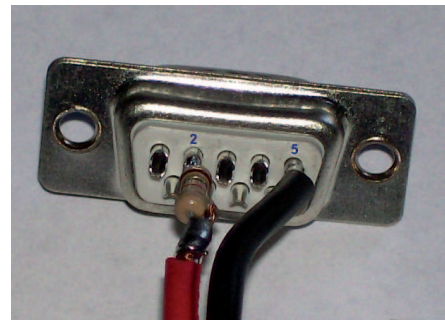



Figura 16: foto del connettore seriale (vista posteriore).

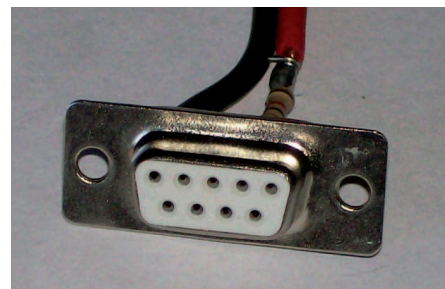



Figura 17: foto del connettore seriale (vista anteriore).

ASPETTANDO UN TERREMOTO

Appena lo strumento è pronto, bisognerebbe testarlo con qualche evento sismico. I terremoti, seppur di grande numero, non accadono così frequentemente. Lo strumento potrebbe rimanere "silente" per settimane. Comunque si possono effettuare delle semplici prove per verificarne la buona sensibilità di funzionamento. Con il sistema avviato e

il trimmer di regolazione registrato a metà corsa, provate a colpire il pavimento con i piedi: il sensore dovrebbe captare tali vibrazioni anche in caso di contatti molto deboli. Se ciò non si dovesse verificare, occorre controllare gli schemi elettrici e i software, comparando i punti di lavoro teorici con quelli realmente misurati.

CONCLUSIONI

Seguendo scrupolosamente le istruzioni dell'articolo arriverete a costruire uno strumento geologico che non mancherà a darvi soddisfazioni nel campo sismologico (speriamo il più raramente possibile). Prima di concludere è opportuno dare dei piccoli consigli circa l'utilizzo ottimale del geofono.

Dove tenere il sensore? Sicuramente non ai piani alti di un palazzo che oscilla sempre, anche in presenza di vento. La sede migliore è quella costituita da uno scantinato o al piano terra, senza correnti d'aria o manifestazioni particolari di disturbo (vibrazioni, rumori o passaggio di autoveicoli nelle immediate vicinanze). Il posto deve essere in pratica il più tranquillo possibile. Ricordiamo che il nostro strumento è estremamente sensibile.

Si consiglia ogni tanto (ogni due o tre mesi) di aprire il mobile e di controllare la distanza tra il magnete e la bobina e accertarsi che la stessa sia assestata intorno ai 2-3 millimetri. È possibile scendere fino a 1 millimetro, ma l'oscillazione potrebbe diventare critica. Eventualmente si può aggiungere un filtro passa passo con frequenza di tagli di circa 50 Hz, nel caso in cui i circuiti captino una componente fastidiosa della tensione di rete, proprio a questa frequenza.

Puntualizziamo che il nostro strumento, anche se non è professionale come quelli in commercio (estremamente costosi) fornisce risultati eccellenti di misurazione, uniti a una grande sensibilità di rilevazione. E ricordiamo infine che esso costituisce un elemento importante della nostra prima stazione sismica casalinga.

Buon lavoro. ❑

CODICE MIP 2773860

CONCORSO INVENTORE *Elettrico ed Elettronico*

Giunto alla sua quindicesima edizione, torna anche quest'anno il concorso "Inventore Elettrico ed Elettronico" in programma il 5 e 6 dicembre a Forlì

Torna anche quest'anno l'evento che premia le menti più brillanti nell'ambito della quindicesima edizione del Concorso Inventore Elettrico ed Elettronico. Si tratta di un'occasione unica organizzata da Blu Nautilus con la partecipazione della rivista Fare Elettronica che dà a chiunque la possibilità di mettere in mostra le proprie invenzioni nell'ambito del campo elettrico ed elettronico e di vederle valutate da una giuria di esperti del settore in base a criteri quali innovazione, qualità e applicabilità. Oltre a essere un concorso originale e divertente, non è da sottovalutare anche la visibilità che viene offerta ai candidati: il concorso si svolge infatti all'interno delle Fiera Expo Elettronica in programma a Forlì il 5 e 6 dicembre 2009, e vede quindi la partecipazione di un pubblico di settore molto interessato alle idee innovative e inedite, così come alle nuove apparecchiature. Si pensi solo che nella scorsa edizione i visitatori sono stati 27.000 e che alcuni dei progetti presentati negli ultimi anni sono stati acquistati da importanti aziende o sono stati messi con successo sul mercato dagli inventori stessi. Ai vincitori sarà riservato uno spazio espositivo all'interno della manifestazione Expo Elettronica per mostrare eventuali prototipi dell'invenzione e mettere a disposizione dei visitatori documentazione varia, biglietti da visita e altro.

Il concorso è aperto a tutti e l'iscrizione e la partecipazione sono completamente gratuite, previa registrazione tramite il modulo scaricabile dal sito www.expoelettronica.it, al quale si consiglia di allegare una documentazione fotografica del progetto e una breve descrizione delle sue funzionalità. Il progetto resterà comunque di proprietà dell'inventore.

Il primo classificato sarà premiato con un lettore DVD e una recensione del progetto sarà pubblicata sulla rivista Fare Elettronica, il secondo classificato riceverà un lettore MP3 e il terzo classificato una chiave Flash Memory USB. Altri premi saranno messi a disposizione dagli sponsor, ma il riconoscimento più grande rimane comunque la possibilità di poter presentare al grande pubblico le proprie invenzioni.

Il concorso organizzato grazie alla rivista Fare Elettronica persegue l'obiettivo di "Divulgazione & Didattica", dando vita a un evento formativo gratuito pensato per il grande pubblico. Studenti, appassionati, entusiasti o anche solo curiosi che vogliono cimentarsi con la progettazione elettronica ma l'hanno sempre ritenuta ostica, difficile o troppo complicata, potranno scoprire quanto invece sia semplice avvicinarsi a questo fantastico mondo, grazie a un corso gratuito di elettronica offerto ai visitatori di Expo Elettronica.

Per maggiori informazioni visitate il sito www.expoelettronica.it.

di MARIO ROTIGNI

TV a volume COSTANTE

Qualunque sia l'origine, l'innalzamento del volume durante gli spot pubblicitari può essere molto fastidioso specialmente quando la sera si vuole evitare di disturbare familiari e vicini. Sperimentiamo con un vecchio circuito integrato, nato per scopi completamente diversi, una possibile soluzione al problema

Le linee telefoniche, i canali di trasmissione radio e i nastri magnetici hanno in comune la caratteristica di presentare una dinamica ridotta, intesa come capacità di trasmettere e riprodurre senza distorsione segnali con ampiezza molto diversa. Da tempo quindi sono stati messi a punto accorgimenti per rimediare a questa limitazione, provvedendo a "comprimere" il livello dei segnali in modo controllato prima della trasmissione o memorizzazione per poi "espandere" ai valori originali prima dell'ascolto da parte dell'utente. Si è voluto sperimentare l'uso della tecnica di compressione per limitare bruschi aumenti di volume durante l'ascolto di programmi televisivi, utilizzando un circuito integrato per fissare un limite massimo al segnale inviato dal televisore agli altoparlanti. Il metodo usato è invasivo, altera cioè la qualità dell'audio e non è ad esempio adatto all'ascolto di musica. Parte della qualità ed espressività di un brano musicale risiede infatti anche nella dinamica del suono percepito, caratteristica che viene alterata dal metodo proposto. L'audio su cui concentrarci sarà quindi costituito essenzialmente dalla voce umana, propria di film, telefilm, documentari e dibattiti. Non volendo intervenire all'interno dell'apparecchio TV, il circuito si interpone tra l'uscita cuffia e una cassa preamplificata del tipo correntemente in uso con le schede audio dei PC. Vediamo le specifiche desiderate:

- numero di canali: due per gestire audio stereo;
- segnale in ingresso max: 3V ac;
- banda passante: 20Hz-20 kHz (vedi testo);
- alimentazione: 9V-15V tensione continua.

Il funzionamento del compressore può essere più facilmente compreso osservando lo schema di principio in **figura 1**. Per valori di ingresso maggiori del livello di riferimento, il valore del resistore di controreazione Rfb diminuisce proporzionalmente al crescere del segnale di ingresso, riducendo così l'amplificazione complessiva dello stadio e limitando in tal modo l'incremento del segnale in uscita. Al di sotto del livello di riferimento, un incremento del segnale in ingresso causa un incremento del resistore Rfb e quindi corrispondentemente del segnale di uscita. Tutti i circuiti necessari a realizzare la funzione compressore di dinamica (e la sua funzione duale, espansore di dinamica) sono stati resi disponibili in forma di circuito integrato, ben prima che tali funzioni divenissero economicamente realizzabili via software con microprocessori DSP. Il circuito integrato utilizzato in questo progetto, Philips SA571, viene descritto nel paragrafo seguente.

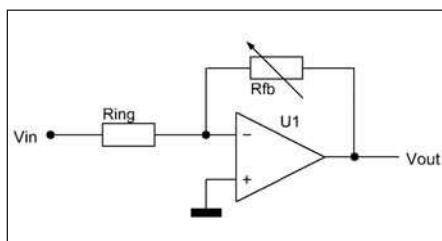



Figura 1: schema di principio del compressore.

L'INTEGRATO SA571

L'integrato SA571 e` stato originariamente prodotto da Signetics (poi divisione USA di Philips) per applicazioni in telefonia, modem e sistemi di comunicazione radio. Esiste un equivalente, SA570, che estende la gamma di alimentazione da 6V-18V a 6V-24V. Sono

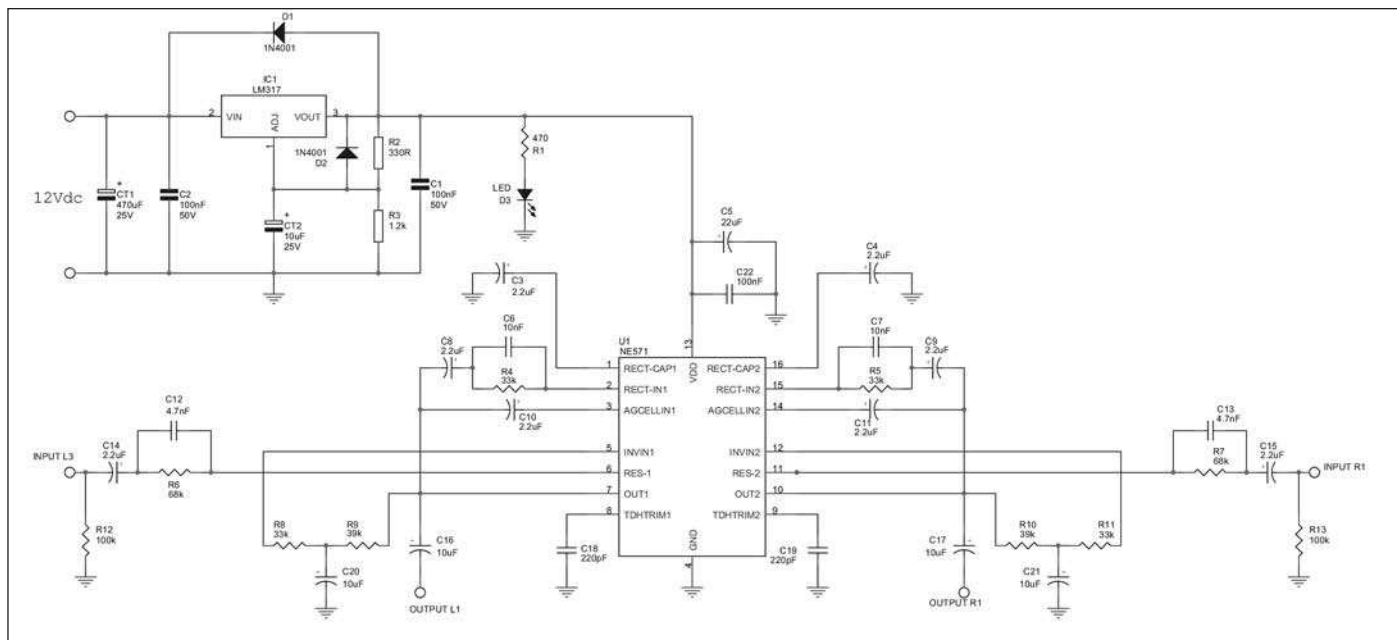



Figura 2: schema elettrico del compressore.

ancora disponibili integrati nel vecchio ma pratico contenitore DIL16, come pure nel più moderno SO16 per montaggio superficiale. L'analisi di questo componente è molto interessante per i progettisti analogici, in quanto la documentazione del costruttore riporta molte informazioni circa gli accorgimenti circuitali adottati e le possibili alternative, mostrando ad esempio come si sia risolto il problema della deriva termica dei circuiti più critici. Questa ricchezza di dettagli si è un po' persa nel nostro attuale mondo fortemente digitalizzato.

L'integrato contiene due canali a guadagno controllato, ciascuno dei quali può essere usato come compressore o espansore di dinamica. Ogni canale comprende un raddrizzatore full-wave per rilevare il valore medio del segnale, una cella a guadagno variabile linearizzata in temperatura e un amplificatore operazionale, sostanzialmente equivalente a un venerabile uA741 (lo ricordate?). Questa architettura si dimostra molto flessibile, consentendo di determinare funzioni e prestazioni con pochi componenti passivi esterni. Per agevolare la comprensione del funzionamento, è utile fare riferimento al diagramma a blocchi riportato nel datasheet [1]. L'integrato è progettato per lavorare in sistemi ad alimentazione singola, quindi tutti i nodi interni di somma devono essere polarizzati a una tensione positiva, funzione svolta da un riferimento interno a basso rumore indicato come VREF. Il raddrizzatore a onda intera converte in continua la corrente di ingresso e la inietta nel nodo di somma interno, polarizzato alla tensione VREF (1,8 V). Il valore medio della corrente raddrizzata è ottenuto grazie al condensatore di filtro esterno connesso al pin CRECT. Tale valore medio controlla il guadagno di una cella circuitale a guadagno variabile (il resistore variabile Rfd nel nostro schema di principio). Il guadagno sarà quindi proporzionale al valore medio della tensione di ingresso, tensione accoppiata capacitivamente. Il valore del condensatore connesso a CRECT determina la velocità con cui il guadagno segue le variazioni del segnale di ingresso. Un condensatore piccolo rende rapida la risposta, ma non è in grado di filtrare completamente segnali a bassa frequenza. La cella a guadagno variabile è un circuito a ingresso e uscita in corrente, con il rapporto I-OUT/I-IN controllato dal raddrizzatore. La cella a guadagno variabile è compensata in temperatura e cancella parzialmente anche la distorsione armonica. Collegando alcuni componenti passivi al pin TDH è possibile ridurre ulteriormente la distorsione armonica del canale. La corrente di uscita è iniettata nel nodo somma dell'amplificatore operazionale che costituisce lo stadio di uscita, capace di fornire 20 mA. L'OPAMP, con banda passante di 1 MHz, rende accessibile dall'esterno l'ingresso non invertente per consentire di determinare l'amplificazione dello stadio con un resistore esterno. Un generatore di tensione di riferimento di tipo bandgap fornisce la tensione di alimentazione stabilizzata per il raddrizzatore e la cella a guadagno variabile, la corrente di polarizzazione per quest'ultima e la tensione di polarizzazione per tutti i nodi di somma, come visto. Il basso coefficiente di temperatura di questo tipo di riferimento garantisce una polarizzazione molto stabile in una vasta gamma di temperature. La **figura 2** (caratteristica di trasferimento input-output) e la **figura 5** (variazione della dinamica) del datasheet rafforzano la comprensione della funzione compressore per mezzo di una grafica efficace. La risposta in frequenza dei tre blocchi fondamentali è sostanzialmente piatta nell'intera banda audio.

SCHEMA ELETTRICO

Lo schema elettrico consiste praticamente nell'implementazione del Basic Compressor suggerito nella **figura 2**,

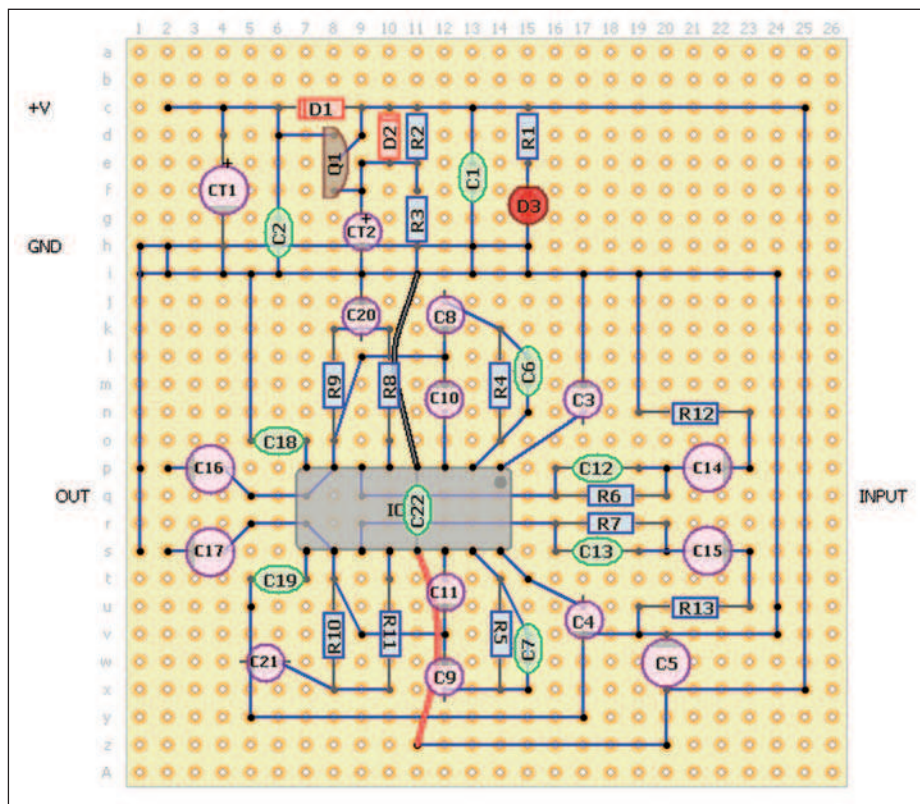



Figura 3: disposizione componenti.

Application Note 174 (vedi [2]). Le resistenze R1, R2, R3, R4 nel Basic Compressor sono integrate nell'SA571, RDC (R8 ed R9), CIN (C14), CDC (C29), CRECT (C3), CF1(C10), CF2 (C8) sono componenti esterni. Gli identificativi dei componenti dello schema si riferiscono a un solo canale dell'integrato, il secondo canale ha infatti componenti identici. I componenti R8, R9 e C29 costituiscono la rete di controreazione in continua per la cella a guadagno variabile. C29 cortocircuita a massa ogni segnale in alternata, rimuovendo le resistenze di controreazione in continua dalle formule che determinano il guadagno AC degli stadi. Il condensatore di ingresso C14 rimuove ogni componente continua dal segnale di ingresso. Analoga funzione è svolta da C16 sul segnale di uscita. Le celle composte da R6/C12 e R4/C6 sono un'aggiunta opzionale al circuito base e servono per realizzare una pre-enfasi ad alta frequenza. Tale circuito può essere richiesto per eliminare il fenomeno chiamato breathing, l'udibilità di cambiamenti nel livello di rumore di fondo quando il sistema cambia repentinamente valore di guadagno. Il condensatore C3 impone i tempi di attack e release, cioè la velocità con cui il sistema adegua il guadagno al variare del segnale in ingresso, sia che questo aumenti o si riduca. Il costruttore raccomanda un valore compreso tra uno e due microfarad, come valore iniziale. C5 e C22 realizzano il filtraggio locale dell'alimentazione. Il condensatore C22 è montato direttamente sui pin dello zoccolo, alla distanza minima possibile. Lo stadio alimentatore è realizzato con uno schema classico attorno a un regolatore programmabile LM317. Le resistenze R2 ed R3 sono dimensionate per ottenere 6 V di tensione in uscita, rispettando così l'alimentazione per cui sono dimensionati i componenti del compressore nella configurazione di default (vedi AN176, [3]). Notare che il pin TDH di taratura della distorsione non va lasciato aperto quando non usato, ma connesso a massa tramite un piccolo condensatore (C18).

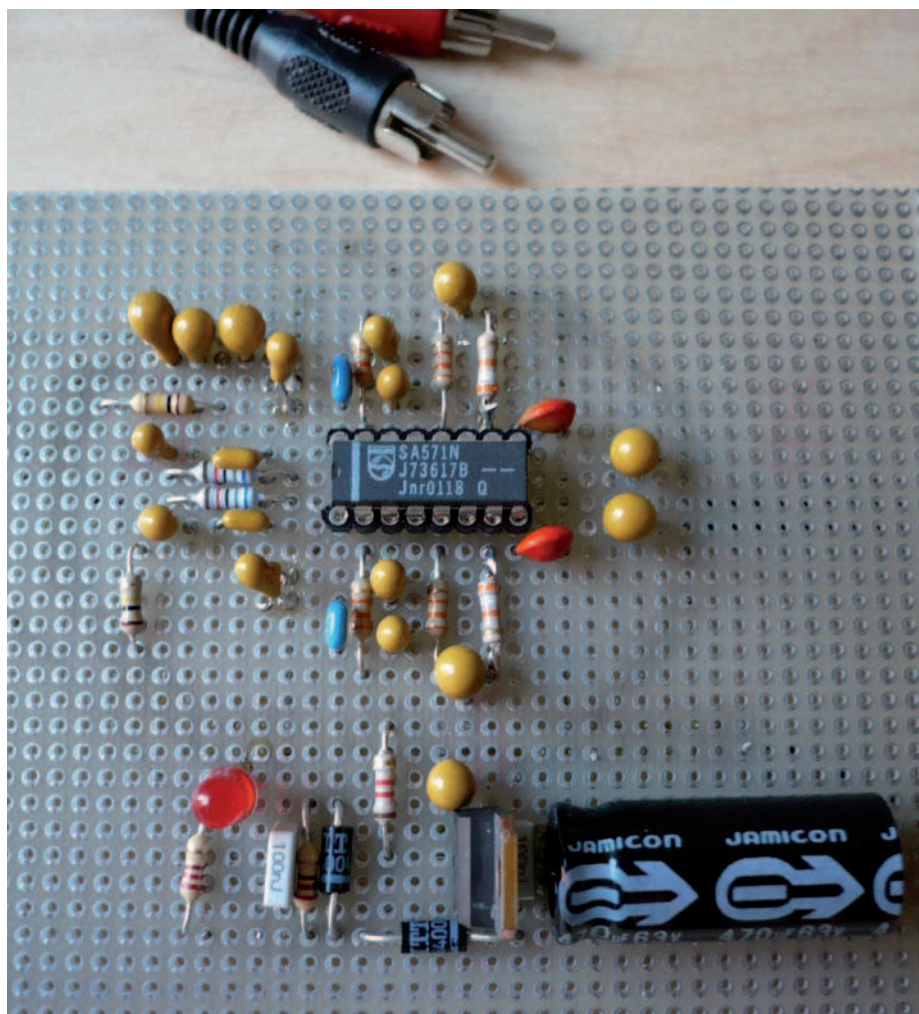
COSTRUZIONE

Il prototipo è stato costruito su una basetta millefori con cablaggio punto-punto (vedi **figura 3**). La disposizione componenti è stata preparata servendosi del programma freeware "DIY Layout Creator", layout property = perfboard (vedi [4]). Il piano di cablaggio così ottenuto si è rivelato utilissimo, velocizzando il montaggio ed eliminando possibilità di errori; la scheda ha in effetti funzionato immediatamente, senza alcuna necessità di correzioni.
L'idea alla base del programma è molto buona e attraente per chi, come l'autore, spesso usa la tecnica di montaggio su schede millefori come alternativa al circuito stampato o, come in questo caso, per sperimentare velocemente sezioni di circuiti. Purtroppo le funzionalità del programma non sono sempre all'altezza delle aspettative. Le funzioni di editing disponibili sono un po' limitate, rendendo faticose le correzioni e modifiche. La selezione degli oggetti è spesso difficoltosa, la velocità di risposta del programma è lenta, richiedendo alcuni interminabili secondi per il piazzamento del componente. Non avendo poi a disposizione funzioni di verifica automatica layout-verso-schema, si impone la classica verifica con stampa di schema e layout e successivo spunto manuale di ogni collegamento con pennarello colorato. L'utilità del documento prodotto, sia come praticità d'uso che come documentazione, è però indubbia. Una stampa del layout è stata usata anche per assistere il montaggio, colorando progressivamente componenti assemblati e collegamenti realizzati in modo da evitare errori oppure omissioni. Mantenere l'ohmetro connesso tra positivo e massa con la funzione cicalina attiva durante tutta la fase di montaggio aiuta a rilevare e correggere immediatamente cortocircuiti che sarebbero poi laboriosi da isolare.

COLLAUDO

Prima di procedere al collaudo facciamo un'ultima ispezione visiva della nostra scheda, verificando che non vi siano saldature fredde o baffi di stagno sospetti. Particolare cura va riservata alla verifica della corretta polarità dei numerosi condensatori elettrolitici presenti. Il collaudo inizia dallo stadio alimentazione, prima di montare l'integrato SA571. Usando il tester come ohmetro, verifichiamo che non ci siano cortocircuiti tra positivo e massa sullo zoccolo del circuito integrato. Forniamo tensione continua compresa tra 9 V e 15 V all'ingresso dell'LM317 e usando il

PER *approfondire...*

[1] Philips SA571 Compandor Data Sheet
[2] Philips AN174 Application for Compandors SA570/571
[3] Philips AN176 Compandor Cookbook.
[4] Sito web per DIY-Layout-Creator: http://www.synthdiy.com/show/?id=2489

tester come voltmetro DC verifichiamo che la tensione di alimentazione sia 6 V. Verifichiamo con il tester l'assenza di cortocircuiti sui cavi tra segnale-massa e segnale-segnale. Colleghiamo l'ingresso alla presa cuffia del televisore e l'uscita alle casse preamplificate, verifichiamo la riproduzione del segnale audio.

USO DELL'APPARECCHIO

Il circuito ha dimostrato di rispondere alle aspettative, evitando sbalzi di volume a prezzo, come atteso, di una certa monotonia e mancanza di enfasi nella riproduzione audio. L'adozione dei circuiti di preenfasi migliora un po' la situazione. L'applicazione si è mostrata molto sensibile al rumore e con una certa tendenza a innescare auto-oscillazioni, udibili come nota sovrapposta al segnale, quando usata a volumi elevati. La tecnica di montaggio punto-punto mostra qui alcune (note) pesanti limitazioni. L'alimentazione va curata molto bene per evitare ronzii provenienti dalla tensione di rete o altri disturbi in banda audio. Il 12 V era stato inizialmente ottenuto da un trasformatore/alimentatore da parete di un vecchio scanner, ma ha dovuto essere scartato a favore di un più classico schema privo di circuiti di preregolazione. Occorre sperimentare con vari valori per i condensatori C3/C4, che determinano il tempo di intervento e rilascio della compressione, a partire dal default suggerito di 1 uF. L' autore ha ottenuto i risultati migliori con 2,2 uF. I circuiti integrati SA570 o SA571 sono reperibili su eBay oppure presso Heltron, Bologna.

CONCLUSIONI

L'idea di utilizzare un circuito integrato compressore di dinamica permette di risolvere il problema considerato, a scapito di una certa perdita nella qualità di ascolto. L'applicazione finale sarà un po' più complessa rispetto allo schema base suggerito dall'Application Note da cui si è partiti per la nostra sperimentazione. E' opportuno aggiungere un buffer di ingresso, realizzato con un amplificatore accoppiato in AC, con il duplice scopo di realizzare meglio l'adattamento di impedenza e limitare la banda passante. Questo consente di escludere ronzii di rete e alte frequenze superiori alla banda propria della voce umana. L'aggiunta di un analogo buffer in uscita consente di nuovo un migliore adattamento di impedenza verso il sistema di altoparlanti e permette di far lavorare lo stadio di uscita dell'integrato SA571 con basse correnti, a vantaggio di una ridotta distorsione armonica. Il montaggio sarà realizzato su circuito stampato doppia faccia, lasciando un lato quanto più possibile intatto a fare da massa. La soluzione ottimale sarebbe inserire all'interno delle micro casse il nostro compressore, magari spillando da esse i pochi milliampere necessari. Questo è reso purtroppo molto difficile dall'ottimizzazione dello spazio nella maggior parte delle casse in commercio. Ripiegheremo quindi su un piccolo contenitore metallico provvisto di connettori di ingresso e uscita sui lati opposti e di ingresso per l'alimentazione raddrizzata e prefiltrata ottenuta ancora da un alimentatore da parete, in modo da evitare di introdurre ronzio 50 Hz in prossimità del circuito audio. ❑

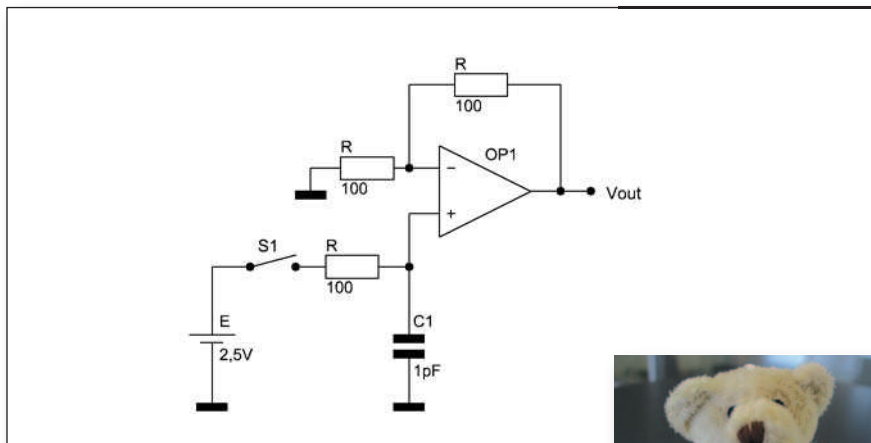
CODICE MIP 2757025

elettro quiz

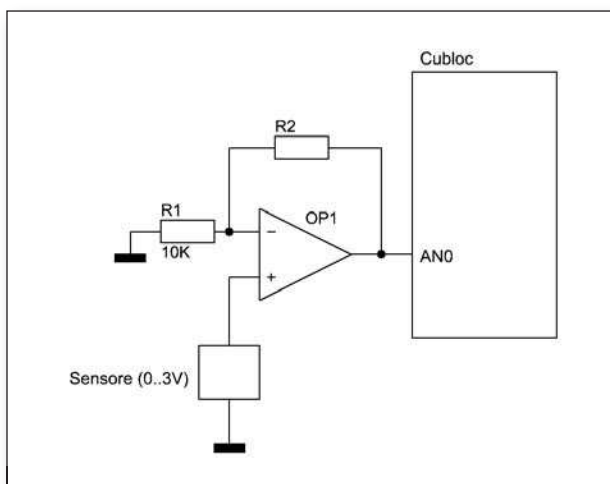
293

Le risposte ai quiz "Base" e "Avanzato" vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave **"maxterm"**.

Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista.

A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it

base

Dato il circuito di figura determinare il valore della tensione di uscita dopo 10 secondi dalla chiusura del tasto S1.

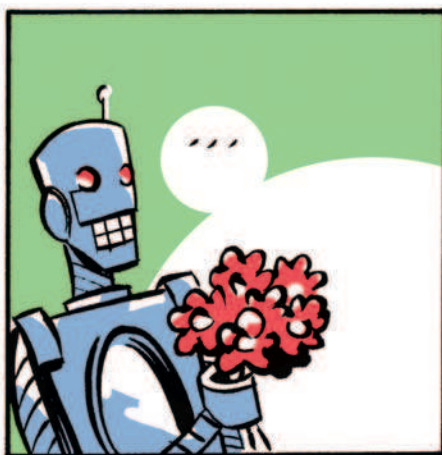
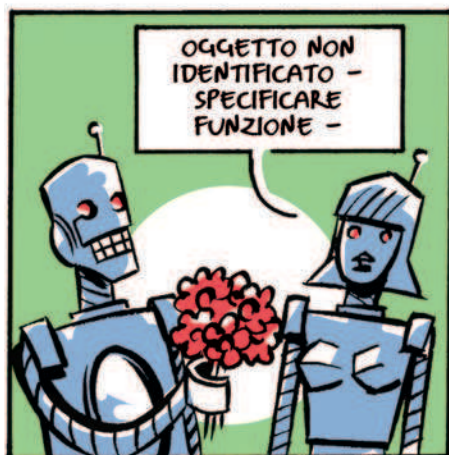
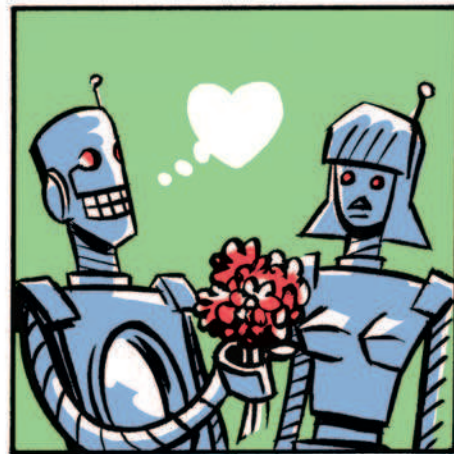
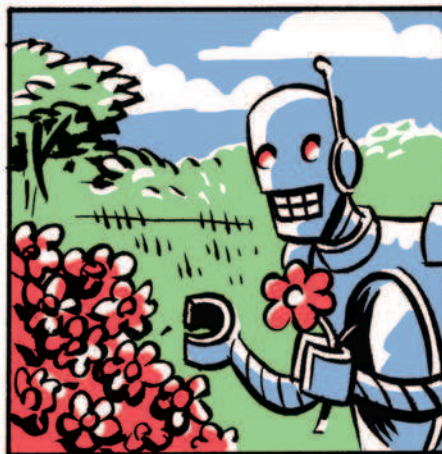
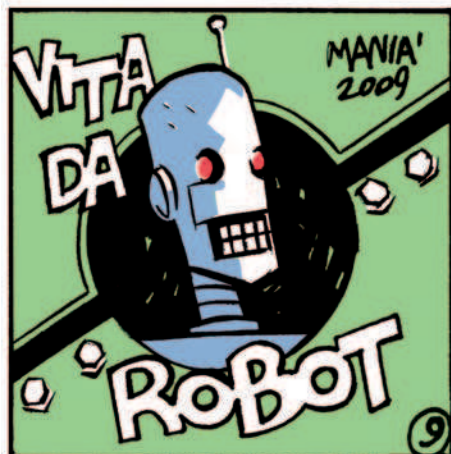
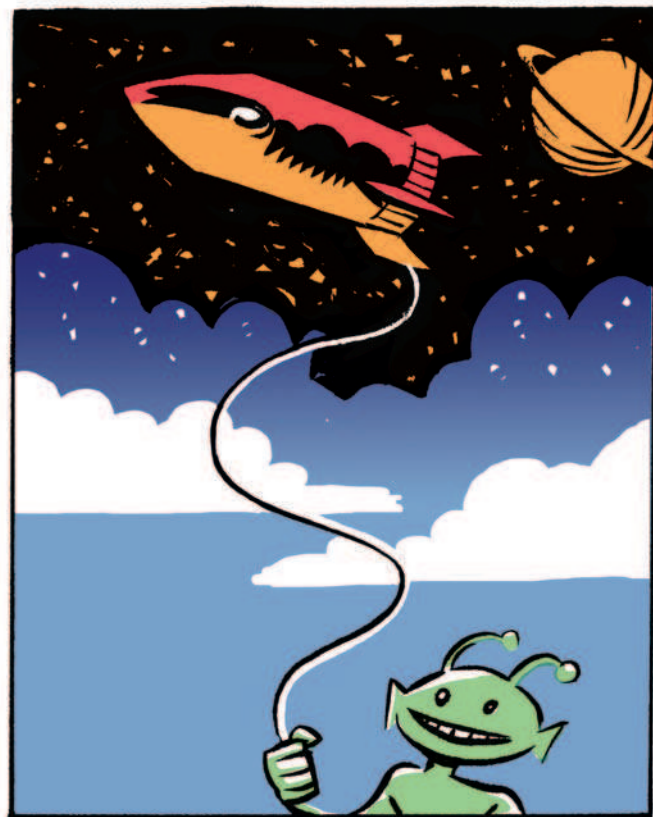
Se rispondi correttamente potrai vincere il simpatico portachiavi di Fare Elettronica.

avanzato

Per i più bravi in palio la felpa pile di Fare Elettronica.

Lo schema di figura mostra la connessione di un sensore di pressione all'ingresso analogico del Cubloc mediante uno stadio amplificatore non invertente. L'ingresso analogico del Cubloc accetta segnali da 0 a 5V mentre il sensore fornisce un segnale che può variare nel range 0/3V. Determinare il valore di R2 per avere la massima precisione nella lettura del sensore.

luditronica

Le vignette ludiche di Fare Elettronica

di DANIELE CAPPA

RECUPERO DI UN ALIMENTATORE *da PC*

Si propone una veloce modifica per utilizzare un alimentatore da PC in una stazione radioamatoriale

L'alimentatore del PC è generalmente contenuto in una scatola di metallo, l'ingresso dalla 220 è sul "solito" connettore a tre poli, accanto è presente la ventola di raffreddamento. Possono essere provvisti di interruttore interno, esterno oppure potrebbe non essere presente. Le uscite sono riunite in un consistente mazzo di fili a più colori. Ricordiamoci che i fili dello stesso colore fanno capo allo spesso punto del circuito e portano sicuramente la stessa tensione di uscita.

La conversione del vecchio alimentatore da PC in un alimentatore "jolly" per la stazione doveva essere veloce, vantaggiosa e applicabile a quanti più modelli possibile, per questo i riferimenti che troverete non saranno riferiti esclusivamente a questo alimentatore.

Il risultato sarà un alimentatore bruttino a vedersi, dalla caratteristiche equivalenti ai modelli commerciali più economici (il cui costo è sui 60-70 euro) con un investimento che tende a zero, se l'alimentatore è di recupero. Il valore commerciale di un alimentatore da PC usato, ma funzionante, si aggira sui 5 euro. I vantaggi di un modello a commutazione rispetto a uno analogo di tipo lineare sono enormi. Il rendimento di un alimentatore a commutazione può arrivare vicino al 90%, mentre in un esemplare di tipo lineare si ferma al 50%, o poco di più. Con la modifica proposta non è possibile ottenere rendimenti del genere, dovremo accontentarci di valori compresi tra il 70 e l'80%.

Prima di proseguire è bene chiarire un dubbio: è credenza diffusa che questo tipo di alimentatori non abbiano l'isolamento galvanico dalla rete, non è ovviamente vero. Negli alimentatori a commutazione, utilizzati da anni su PC, l'isolamento tra ingresso e uscita è fornito dal trasformatore ad altra frequenza. Si tratta del trasformatore più grosso (!) presente sul circuito stampato, le sue dimensioni sono legate, oltre che alla potenza, anche alla frequenza di funzionamento, per questo il trasformatore è decisamente minuscolo. Tutti gli alimentatori a commutazione sono dotati di protezione sia in tensione come in corrente, quest'ultima protegge lo stesso alimentatore da richieste di corrente che non può soddisfare, mentre la protezione in tensione protegge l'apparecchio che viene alimentato. Nella modifica citata non interverremo sulle protezioni che continueranno a operare come in origine.

Figura 1: l'alimentatore terminato.

IL MODELLO SOTTO I FERRI

L'alimentatore preso in esame è il modello KC300 della Solarmax, la potenza dichiarata "di targa" è pari a 300 W. A noi interessa la massima corrente disponibile a 12 V, che in questo modello è pari a 12 A, questo è quanto si legge in etichetta. Malgrado quanto dichiarato, questo modello ha resistito per alcuni minuti a un carico superiore a 16 A pur essendo smontato e privo delle due ventole di raffreddamento. Onestamente non ho avuto il coraggio di sottoporlo, in queste condizioni, a un test più impegnativo.

Sicuramente non troveremo mai un altro alimentatore uguale a questo, dunque ecco i requisiti a cui deve rispondere il nostro alimentatore e le relative motivazioni:

- il regolatore deve essere il TL494, o il suo equivalente KA7500. Non è una condizione indispensabile, ma semplicemente non si è a conoscenza delle modifiche da apportare all'alimentatore nel caso utiliz-

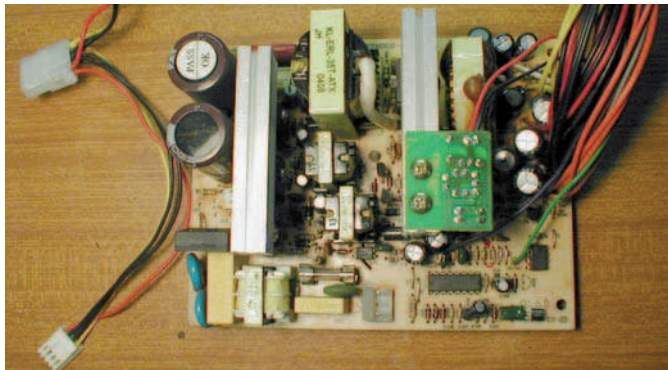



Figura 2: l'alimentatore Solarmax KC300.

zasse altri regolatori! La modifica è comunque applicabile a qualsiasi alimentatore;

• deve fornire a 12 V la corrente che ci occorre, meglio se qualcosa di più; praticamente potremmo utilizzare tutti i modelli a cui corrente di uscita sia superiore a 10 A. Qui intervengono ragioni pratiche: è molto più facile recuperare esemplari funzionanti, ma con qualche anno sulle spalle, la cui potenza di targa è compresa tra 200 e 300 W piuttosto che esemplari più potenti. Questi ultimi vengono più probabilmente sostituiti perché non funzionanti, piuttosto che perché sono vecchi e con una potenza non sufficiente alle macchine attuali;

• è meglio se la ventola è provvista di controllo della velocità: in stazione una ventola che gira sempre può essere fastidiosa. Il modello citato impiega due ventole provviste di controllo di velocità. A questo si può porre rimedio limitando la corrente alla ventola, facendola girare molto piano, e prestando attenzione a non far surriscaldare troppo l'alimentatore. È comunque possibile recuperare il regolatore di velocità da un altro alimentatore (è un circuito stampato più piccolo di un francobollo e solitamente montato su uno dei due radiatori) e montarlo sul nostro;

• il top lo si ottiene se l'alimentatore è anche provvisto di filtro di rete, ha l'aspetto di un trasformatorino da 10-15 W. Gli alimentatori a commutazione possono generare rumore RF, che a volte può essere perfettamente rilevato nel ricevitore HF, la cosa è comunque risolvibile ricorrendo a un filtro esterno. Questo modello è dotato di un bel filtro di rete montato "di serie" all'interno. È evidente che questa considerazione è di vitale importanza se è previsto l'uso dell'alimentatore in unione a un RTX in HF, mentre lo è molto meno se intendiamo utilizzarlo esclusivamente per nutrire in bibanda V/UHF. I colleghi cultori della CB prestino attenzione a questo. I ricetrasmettitori in 27 solo solitamente meno raffinati degli omologhi amatoriali e potrebbero essere più soggetti ai disturbi generati da un alimentatore provvisto di filtri poco efficienti. Anche i ricetrasmettitori CB più blasonati hanno generalmente un ricevitore che poco può contro disturbi di questo genere.

Come esposto all'inizio, il nostro proposito è quello di modificare un alimentatore per poterlo utilizzare in stazione, anche se solo come scorta, o a uso esclusivo in V/UHF FM. L'operazione deve essere veloce e indolore, dunque niente sostituzioni drastiche, stampati o trasformatori fatti su misura. Una modifica da realizzarsi in una domenica pomeriggio.

I CONTROLLI E LE MODIFICHE

La prima operazione da fare è controllare che il nostro alimentatore funzioni regolarmente. Per la prova possiamo sfruttare alcune lampade da auto, il modello H4 montato su moltissime vetture dagli anni '80 fino ad oggi è una lampada alogena a due filamenti, 55 e 60 W di targa (in realtà la potenza è un pochino più alta 65 W circa dichiarati dai datasheet Philips e Osram). Solitamente si brucia il filamento della luce anabbagliante (quello accanto al cucchiaino), mentre quello meno utilizzato della luce abbagliante rimane integro. Ovviamente all'atto della sostituzione la lampada viene gettata via e non è difficile farsene regalare due o tre da un artigiano disponibile. Queste lampade diventano un ottimo carico per provare gli alimentatori, tuttavia è necessario ricordarsi che la corrente di spunto all'accensione della lampada è molto più alta di quella assorbita normalmente dalla lampada, anche cinque o sei volte di più, dunque l'accensione di una lampada potrebbe provocare l'intervento della protezione in corrente dell'alimentatore. Il "trucco" per accendere una lampada troppo avida è semplice, basta collegarne due identiche in serie per un attimo, farle accendere, quindi (velocemente, prima che il filamento si raffreddi completamente) scollegarne una e lasciare collegata l'altra che ora si accenderà normalmente. La corrente assorbita da una di queste lampade è di circa 5,5 A. Muniti di questo carico provvediamo dunque a collegare una lampada ai fili rosso e nero (5 V) e l'altra ai fili nero e giallo (12 V). Accendiamo l'alimentatore, se è un modello ATX è necessario collegare tra loro il filo verde con uno nero del connettore grosso, quello che andava alla piastra madre del computer, se è un modello più anziano sarà sufficiente agire sull'interruttore (che su qualche modello potrebbe essere esterno e collegato all'alimentatore con un filo nero inguainato a 4 conduttori). Se il tutto funziona la lampada collegata ai 12 V si accenderà quasi normalmente, mentre quella collegata ai 5 V si accenderà come una candela. Con il tester misuriamo la tensione presente tra un filo nero e uno giallo, non quello a cui abbiamo collegato la lampada, per evitare l'errore provocato dalla caduta di tensione sui fili di collegamento. Dovremmo misurare 11,5 V circa, lo scopo della modifica è portare questa tensione a 13,5-13,8V.
Scolleghiamo tutto, lasciamo riposare l'alimentatore, intanto provvediamo a dargli una bella pulita; l'interno sarà certamente pieno di polvere che, a parte le ragioni estetiche, ne limita la capacità di raffreddamento. La parte lineare di un alimentatore a commutazione è alimentata direttamente a 220 V, dunque ai capi dei due elettrolitici grossi è presente una tensione che sfiora i 300 V; è necessario attendere che i due elettrolitici si scarichino sulle resistenze preposte. Questa operazione andrà effettuata tutte le volte che dobbiamo operare con le mani sull'alimentatore, sempre!
Prestate sempre molta attenzione a dove mettete le mani, controllate sempre che l'a-

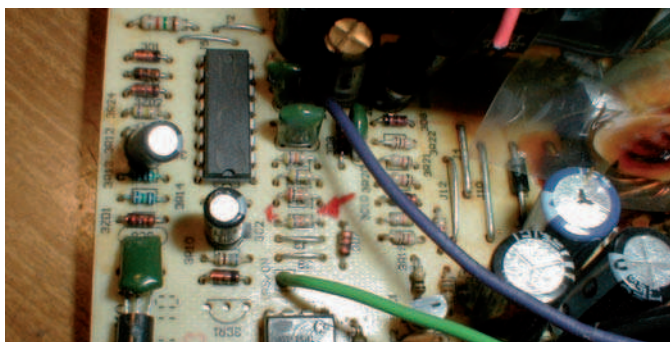



Figura 3: la zona delle modifiche, la resistenza è stata aggiunta dal lato saldature.

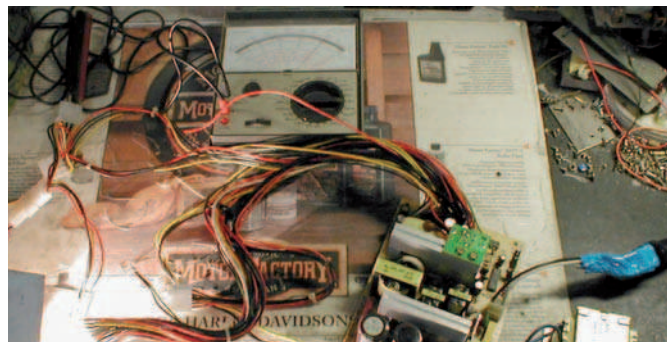



Figura 4: l'alimentatore durante la prova di funzionamento.

limentatore sia spento e scollegato dalla rete: le tensioni presenti in un alimentatore a commutazione sono elevate e letali.
Al pin 1 del regolatore, il TL494 o KA7500, sono generalmente collegate due o più resistenze in parallelo tra loro, generalmente vanno a massa. è il valore complessivo di queste resistenze a determinare la tensione di uscita dell'alimentatore ed è su questo valore che dobbiamo intervenire per aumentare la tensione di uscita. È sufficiente aggiungere un'altra resistenza in parallelo a quelle originali, sul KC300 ho aggiunto un 47 kohm portando il valore totale del parallelo da 3140 a 2900 ohm circa.
Per modelli che impiegano altri regolatori è spesso possibile operare in modo del tutto analogo, semplicemente cercando due o più resistenze in parallelo tra loro, per poi aggiungerne una fino a ottenere in uscita il valore di tensione desiderato. Utilizzando un approccio più razionale consulteremo il datasheet del regolatore (è probabile che sia l'unico integrato presente sull'alimentatore) e da questo stabiliremo qual è il pin da collegarsi alla tensione di riferimento. Purtroppo per noi molto spesso i regolatori di questi alimentatori riportano sigle del tutto sconosciute anche ai migliori datasheet online.
Dobbiamo tenere presente che la regolazione della tensione di uscita avviene sui 5 V, non sui 12, di conseguenza l'uscita che per l'alimentatore è quella principale va caricata con una resistenza (nelle prove è stata impiegata una lampada) che assorba 2 o 3 A. È la ragione per cui non otterremo un rendimento elevato, dato che 10 o 15 W andranno "buttati" in calore dalla resistenza. Un elemento corazzato da 25 W il cui valore sia compreso tra 1.8 e 3.3 ohm dovrebbe andare bene; andrà montato a contatto con il guscio di metallo, o comunque in modo da favorirne il raffreddamento. Più il ramo a 5 V (ora aumentato a circa 6 V) sarà "caricato" dalla resistenza e maggiore sarà la stabilità dell'alimentatore al variare del carico sul ramo a 12 V, che ora dovrebbe fornirne 13.5-13.8V. Ovviamente nulla ci impedisce di portare fuori dall'alimentatore i due fili, utilizzare una lampada alogena a 6 V e con questa illuminare il tavolo da lavoro. La stabilizzazione risultante da questo operazione non sarà eccezionale, ma sufficiente all'uso in unione a una delle nostre apparecchiature, di cui è quasi sempre previsto anche l'uso in auto dove la tensione disponibile è fortemente influenzata dai giri del motore.

ULTIMI CONTROLLI, CONCLUSIONI E COLLAUDO FINALE

Completata la modifica necessaria ad aumentare la tensione di uscita è necessario controllare gli elettrolitici in uscita dei 12 V; di solito sono montati elementi da 16 V, spesso sono "gonfi", è bene sostituirli con esemplari da 25, di pari capacità o lievemente più grandi. Essendo la frequenza di lavoro relativamente alta, di solito è compresa tra 10 e 20 kHz, i condensatori di filtro hanno capacità apparentemente molto basse, inoltre sono aiutati dalle impedenze avvolte su toroide. L'uso di capacità molto alte potrebbe provocare l'intervento della protezione in corrente che potrebbe giudicare eccessivo lo spunto di carica dei condensatori. Da qui in poi sono possibili altre modifiche atte a migliorare il rendimento dell'alimentatore. I doppi diodi veloci di uscita sono dimensionati per la corrente nominale, è possibile montarne altri di pari caratteristiche, ma a maggiore corrente, oppure porne un altro identico in parallelo a quello esistente.
Qui mi fermo con le modifiche, i passi successivi implicano modifiche o "ricostruzioni" di intere parti dell'alimentatore, ma andiamo decisamente fuori tema dato che la premessa era un modifica veloce volta al riutilizzo di quello che era sostanzialmente un rottame destinato al cassonetto idoneo.
Il test dell'alimentatore appena modificato non andrà effettuato collegandogli le nostre amate radio, ma una o due delle lampade usate nei test. Per accensioni prolungate le lampade scaldano molto, è dunque opportuno predisporre una base metallica, anche il coperchio di un alimentatore da PC, e alcuni giornali vecchi per isolare il piano del tavolo dal calore sviluppato. La prova andrà realizzata nell'arco di un'ora; il carico fornito da due lampade è di circa 11 A, periodicamente controlleremo la temperatura raggiunta dai due radiatori avendo cura di toccare sempre una sola aletta per volta. I due radiatori potrebbero essere sottoposti a differenze di potenziali diverse, in particolare quella dei due transistor finali (lato 220) potrebbe essere collegata a terra come al negativo del raddrizzatore, in questo caso non avrebbe isolamento galvanico dalla rete a 220 V. Cito una frase letta in rete che esprime molto bene che quello che sembra inoffensivo potrebbe in realtà non esserlo affatto. Ricordate sempre, fate attenzione quando mettete le mani all'interno di alimentatori switching. Anche se le loro tensioni di uscita non sono pericolose, è come avere "una tigre in gabbia con denti affilati"! Le tensioni presenti all'interno di un alimentatore a commutazione sono sempre pericolose, anche se si tratta del caricabatterie del telefonino. ❑

CODICE MIP 2756993

di GIUSEPPE MODUGNO

Lettore di SMARTCARD

(parte prima)

In questi due articoli verrà sviluppato un progetto completo di un lettore di smartcard stand-alone con display e tastierino per applicazioni di fidelizzazione. Dopo una breve panoramica sulle smartcard utilizzate nel progetto, si descriverà lo schema elettrico, la sua realizzazione pratica e il codice sorgente del firmware

Ricordo che qualche anno fa una delle attività più curiose che teneva occupata mia madre nel pomeriggio era la cosiddetta raccolta punti: decine di "bollini", rettangolini di carta, recuperati diligentemente giorno dopo giorno dai prodotti acquistati o dagli stessi negozianti, da attaccare con pazienza su schede punti che, alla fine, permettevano di ricevere un premio o uno sconto. Attualmente la vedo sempre meno impegnata in questa noiosa (almeno per il sottoscritto) attività, ma, nello stesso tempo, la sua borsa si è riempita di tessere elettroniche che, come i vecchi "bollini", permettono di accumulare punti. Riflettendoci su, io stesso non sono esente da questa raccolta punti elettronica, considerando la tessera riposta nella mia auto che utilizzo ogni volta al distributore di carburante. Queste osservazioni hanno fatto nascere nell'autore la voglia di progettare un sistema completo per la fidelizzazione della clientela tramite "raccolta punti elettronica". Il risultato è un lettore di smartcard di tipo stand-alone (non collegato a un computer) con display per la visualizzazione del nome e dei punti memorizzati sulla carta e un tastierino numerico per l'immissione di un nuovo valore.

PANORAMICA SULLE SMARTCARD

Prima di affrontare il progetto è d'obbligo fare una panoramica sulle smartcard per conoscere meglio gli oggetti con cui avremo a che fare. Non è un argomento che si può liquidare in un paragrafo, quindi vi rimandiamo a una trattazione più completa che è stata pubblicata sempre sulla rivista Fare Elettronica dei mesi di maggio (n. 227) e dicembre 2004 (n. 234). Qui ci si dovrà accontentare di una semplice e veloce panoramica.

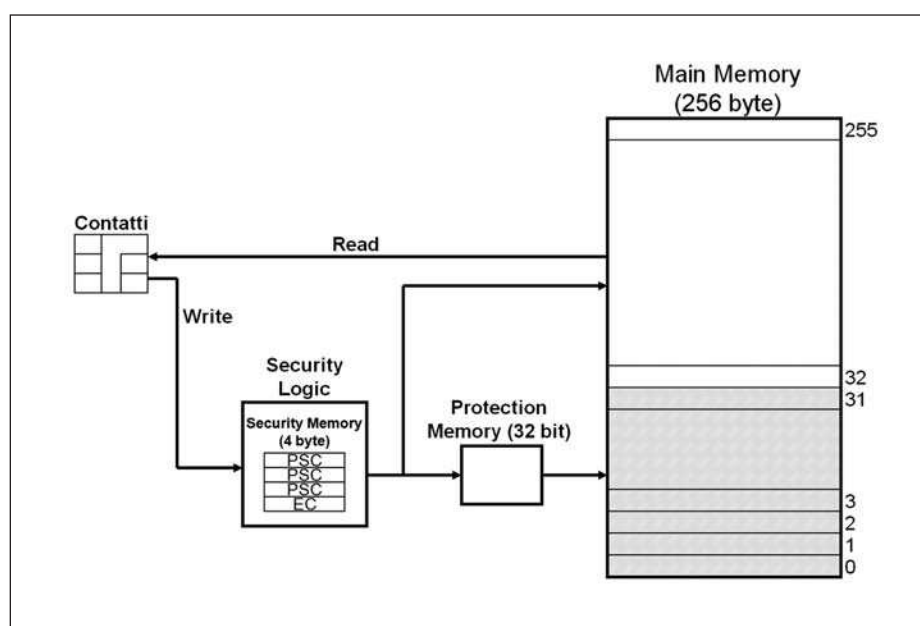



Figura 1: schema a blocchi della smartcard SLE4442.

Tipologie di carte

Ci sono sul mercato diversi tipi di tessere della dimensione di una carta di credito. Una tipologia molto semplice è quella basata sui classici e antichi codici a barre. In questo caso, la tessera viene utilizzata solo per la comodità legata alle dimensioni esigue e alla possibilità di conservarla in portafoglio. Su un lato della carta viene stampato un codice a barre che individua univocamente il numero della tessera, e quindi il cliente, all'interno di un database centralizzato. Il lettore di queste carte è un semplice lettore ottico, simile a quello usato nelle casse dei supermercati. Questa soluzione ha sicuramente degli svantaggi in quanto la tessera non può conservare alcun dato, ma contiene soltanto un numero identificativo non modificabile. Inoltre, una semplice fotocopiatrice potrebbe addirittura clonare la carta.

Un secondo tipo di tessera è quello a banda magnetica, ancora largamente usato in molte applicazioni. Anziché presentare un codice a barre su un lato della carta, queste sono carte dotate di una banda magnetica visibile, ma non interpretabile a occhio nudo e che può essere letta soltanto da appositi lettori. Anche per queste valgono le stesse considerazioni fatte per le carte a codice a barre: possono memorizzare soltanto numeri identificativi non modificabili. La clonazione non è operazione semplice, poiché sono necessari appositi lettori e scrittori (anche se non sono così difficili da recuperare, visto l'aumento vertiginoso di contraffazioni delle carte di pagamento).

La smartcard è un altro tipo di tessera il cui formato è regolamentato dagli standard internazionali ISO7816. La parola stessa, derivante dall'inglese, ci fa intuire che si tratta di tessere con una certa intelligenza integrata. Infatti, le smartcard hanno internamente dei circuiti elettronici che prendono parte attiva durante la comunicazione con il dispositivo esterno, il cosiddetto lettore di smartcard. Questi integrati elettronici possono essere di vario tipo: si può passare da semplici memorie di sola lettura o di lettura/scrittura a memorie protette da codici personali; da semplici microprocessori a 8 bit a complessi microprocessori a 32 bit con hardware dedicato alla cifratura per aumentare la sicurezza delle transazioni. Nella classica applicazione di fidelizzazione della clientela, la smartcard tipicamente utilizzata è una semplice memoria protetta da scrittura mediante codice segreto. Il modello più diffuso è l'SLE4442, immesso sul mercato inizialmente da Siemens e attualmente prodotto da diverse altre aziende (per esempio Infineon). Non è da sottovalutare la possibilità di acquistare carte SLE4442 a poco prezzo (anche meno di 1 euro per grossi quantitativi) con stampe personalizzate sui due lati della tessera.

Figura 2: schema a blocchi del lettore.

SLE4442

Come al solito, per maggiori informazioni sulle smartcard SLE4442 si rimanda agli articoli prima citati pubblicati su Fare Elettronica, in particolare al n. 228 di giugno 2004. In questo articolo ci limiteremo a descrivere il funzionamento della smartcard senza entrare nei dettagli del protocollo di comunicazione con l'esterno. In **figura 1** è mostrato lo schema a blocchi interno delle SLE4442, da dove si evince che i principali elementi costitutivi sono:

- memoria principale (Main Memory, da ora in avanti MM) da 256 byte;
- memoria di sicurezza (Security Memory, da ora in avanti SM) da 4 byte con la logica associata;
- memoria di protezione (Protection Memory, da ora in avanti PM) da 32 bit.

La MM è la memoria dove vengono letti e scritti i dati dipendenti dall'applicazione: numero identificativo della carta, nome del cliente, credito o punti accumulati, checksum di controllo, ecc. In generale si possono usare tutti i 256 byte eccetto i primi 32 che hanno normalmente delle funzioni diverse. Questa memoria può essere sempre letta dall'esterno, ma è necessario un codice di 3 byte, detto PSC, per la scrittura: non conoscendo questo codice non è possibile scrivere alcun byte della MM. Visto che la memoria non è protetta da lettura, consigliamo di non memorizzare mai al suo interno dati personali sensibili.

La SM è utilizzata per la gestione del PSC. Il primo byte contiene il cosiddetto Error Counter (EC), gli altri 3 byte rappresentano il PSC stesso. L'EC è normalmente inizializzato al valore esadecimale 07_{16}=$0000\ 0111_2$, cioè solo i 3 bit meno significativi hanno valore 1. Ognuno di questi rappresenta un tentativo disponibile (una specie di gettone) di inseri-

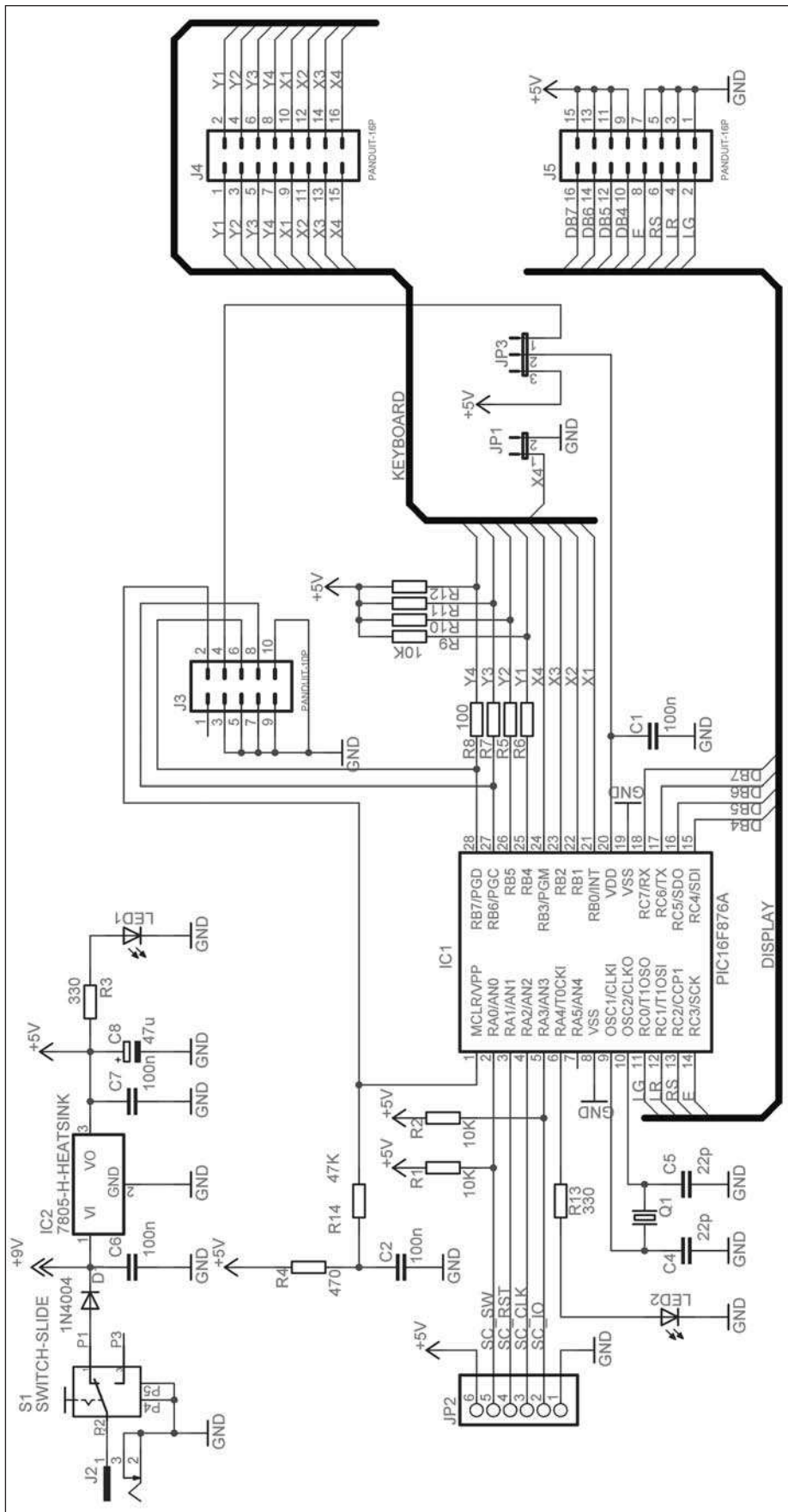



Figura 3: schema elettrico della scheda madre.

mento del PSC. Dopo tre tentativi errati, tutti i bit del byte EC sono nulli (i gettoni sono finiti) e la smartcard risulta bloccata, cioè non sarà più possibile scriverla, neanche inserendo il PSC corretto.
Gli altri 3 byte che contengono il PSC sono normalmente "oscurati" e quindi, a un tentativo di lettura, hanno il valore FF_{16}, anche se il PSC ha un valore diverso (questo ovviamente per evitare che si possa leggere direttamente dalla smartcard il valore del PSC). Solo dopo aver inserito correttamente il PSC è possibile leggerne il valore in chiaro mediante una semplice lettura della SM.
Risulta chiaro, quindi, che l'EC è l'unico byte che può essere scritto (spendendo gettoni) senza conoscere il PSC, mentre gli ultimi 3 byte della SM sono gli unici che non possono essere letti senza conoscere il PSC.
Per inserire il PSC (per esempio, per scrivere nella MM), è necessario seguire i successivi passi nell'ordine:

- azzerare un bit qualsiasi dell'EC, spendendo un gettone a disposizione (si ricordi che l'EC è l'unico byte che può essere sempre scritto);
- inviare i 3 byte del PSC mediante un'apposita istruzione.

A questo punto, se tutti i 3 byte inviati corrispondono al PSC memorizzato, sarà possibile accedere in scrittura all'intero contenuto della MM e della SM e in lettura ai 3 byte PSC della SM. Normalmente per capire se il PSC è stato inserito correttamente, si procede resettando (mettendo a 1, quindi riacquistando i gettoni) i 3 bit dell'EC e verificando che l'operazione di scrittura sia andata a buon fine:

- scrivere 07_{16} nel byte EC della SM;
- leggere il byte EC dalla SM;
- se il byte letto è pari a 07_{16} il PSC è stato inserito correttamente e la smartcard è pronta per la scrittura;
- altrimenti il PSC inserito è sbagliato e la smartcard risulta ancora protetta da scrittura, ma con un gettone disponibile in meno.

In quest'ultimo caso sarà necessario procedere a un secondo tentativo di inserimento del PSC, ricominciando dall'az-

Figura 4: tastierino numerico utilizzato nel progetto.

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL MICROCONTROLLORE PIC 16F876A	
MEMORIA PROGRAMMA	14.3 KB (8192 istruzioni)
RAM	368 B
EEPROM	256 B
I/O	22 pin

zeramento di un altro bit del byte EC. Dopo aver azzerato tutti i 3 bit utili del byte EC, la smartcard risulta bloccata.

DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

Come si può osservare dallo schema a blocchi visualizzato in **figura 2**, il lettore di smartcard progettato è stato diviso in 4 parti:

1. scheda madre;
2. scheda display;
3. tastierino;
4. scheda smartcard.

Tale suddivisione fisica, ma anche logica, permette un più facile assemblaggio delle varie parti all'interno di un contenitore simile a quello dei POS utilizzato negli esercizi commerciali per il pagamento con carte di credito. Passiamo quindi alla descrizione di ogni parte.

Scheda madre

La scheda madre è quella che contiene il "cervello" del sistema, quindi principalmente il microcontrollore e i componenti necessari al suo funzionamento e alla sua programmazione in-circuit. Da questa scheda partono i cablaggi per le altre periferiche di I/O: tastierino, display, smartcard. Anche la sezione di alimentazione è inglobata all'interno della scheda madre. Lo schema elettrico è mostrato in **figura 3**.
La tensione di alimentazione per tutti i dispositivi presenti è +5 Vdc, difficile da trovare nei classici alimentatori "a muro". Per questo, tale tensione viene ricavata da un classico regolatore lineare 7805 (IC2) che permette di utilizzare, in ingresso, tensioni continue più elevate (in genere da 9 V a 24 V) anche non stabilizzate. Il lettore non assorbe molta corrente, ma, come noto, un regolatore lineare comunque si riscalda quanto più elevata è la tensione di ingresso. Per migliorare la dissipazione del calore ed evitare pericolosi surriscaldamenti, abbiamo previsto il montaggio di un'aletta di raffreddamento direttamente sull'integrato 7805. Il connettore (J2) per il collegamento con l'alimentatore esterno (in genere un alimentatore "a muro" dotato di trasformatore che abbassa la tensione di rete 220 Vac e ponte di diodi per la conversione in tensione continua) è di tipo coassiale molto comune (non sarà difficile trovarlo sia come componente per circuito stampato, sia come connettore d'uscita dell'alimentatore). In questa sezione di alimentazione è anche previsto un interruttore a slitta (S1) per lo spegnimento del lettore e un diodo (D1) per protezione contro le inversioni di polarità della tensione di ingresso (come si vede dallo schema, il polo positivo dell'alimentatore deve essere collegato al polo centrale del connettore coassiale dell'alimentazione).
La tensione +5 Vdc in uscita dal 7805, oltre ad accendere un LED (LED1) che mostra all'utente lo stato di accensione del lettore, viene utilizzata per alimentare il microcontrollore, la smartcard e il display. La scelta sul microcontrollore (IC1) da utilizzare è ricaduta sul diffusissimo PIC16F876A della Microchip che ha un sufficiente numero di pin di I/O per pilotare tutte le periferiche. In particolare sono necessari:

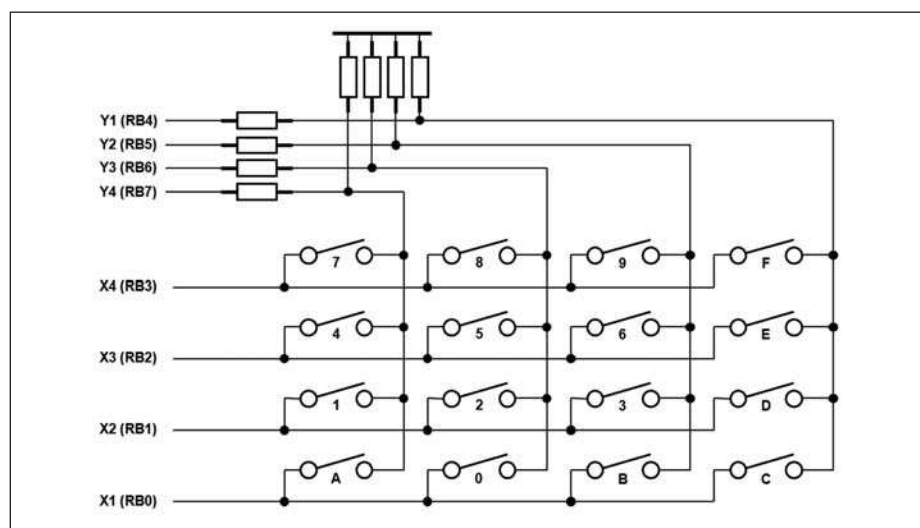



Figura 5: interconnessione interna dei tasti e interfacciamento con il microcontrollore.

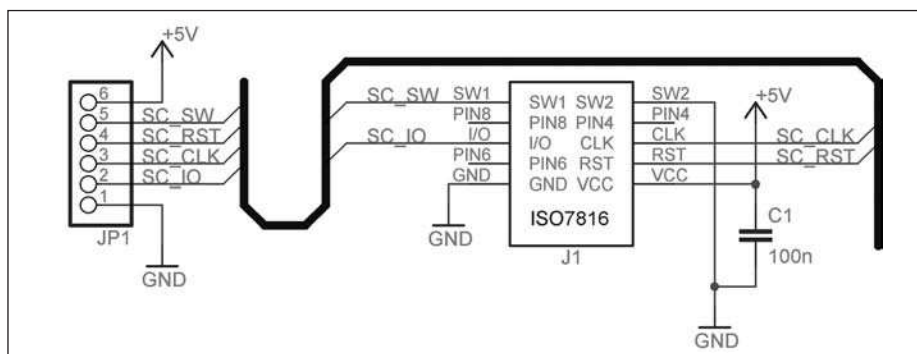



Figura 6: schema elettrico della scheda smartcard.

- 2 pin di uscita (clock e reset) e 1 pin bidirezionale (dati) per la comunicazione con la smartcard;
- 1 pin di ingresso per il rilevamento di una carta nel connettore;
- 4 pin di ingresso e 4 pin di uscita per la gestione del tastierino 4x4;
- 6 pin di uscita per il display;
- 2 pin di uscita per un paio di LED di stato;
- 1 pin di uscita per un LED di test sulla scheda madre;

per un totale di 15 pin di uscita, 5 pin d'ingresso e 1 pin bidirezionale. In **tabella 1** sono mostrate le caratteristiche principali del PIC 16F876A.Il numero di pin di I/O è quindi sufficiente per gestire tutte le periferiche presenti nel lettore. Il pin di reset MCLR del microcontrollore è portato all'alimentazione +5 V mediante un RC che ritarda l'avvio in modo che il clock raggiunga una condizione di stabilità. Questa linea è portata dal programmatore esterno, durante la programmazione, a una tensione Vpp molto più alta (circa 13 V). Per isolare l'alimentazione +5 V dalla Vpp, è presente una resistenza serie (R14) che abbassa notevolmente la corrente a un valore innocuo. Sulla scheda madre è previsto anche il connettore (J3) ICSP per la programmazione in circuit del microcontrollore, quindi senza la necessità di estrarre il chip a ogni programmazione. Alcuni pin utilizzati durante la programmazione (PGC e PGD) sono condivisi con i pin normalmente usati per la gestione del tastierino. Questo doppio uso non crea problemi poiché, durante la programmazione, l'eventuale pressione dei tasti è isolata dalle resistenze serie (R7 e R8).

Mediante un jumper (JP3) è possibile scegliere di alimentare il microcontrollore dal programmatore (durante la programmazione il circuito potrebbe rimanere spento) oppure dal circuito stesso (in questo caso il circuito deve rimanere acceso).

Un altro jumper (JP1) è invece utile per la programmazione di microcontrollori nuovi di fabbrica o per i quali è abilitata la programmazione low voltage (LVP). In questo caso, infatti, il pin PGM non può essere usato come pin di I/O generico, ma viene usato come pin per la selezione del tipo di programmazione (low voltage oppure high voltage programming). Esso deve essere forzato a livello basso per il normale funzionamento quando è abilitata la LVP. Se un chip non dovesse programmarsi correttamente, inserite un ponticello nel jumper. Alla prima programmazione con il firmware di questo progetto, la LVP viene disabilitata definitivamente e il ponticello va rimosso.

Il clock per il microcontrollore è ricavato mediante una classica configurazione con quarzo (Q1) a 20 MHz e condensatori (C4 e C5) prevista dal datasheet.

Un LED (LED2) giallo sul circuito permette di effettuare alcuni semplici test durante lo sviluppo del firmware.

Tastierino

Il tastierino utilizzato è del tipo esadecimale 4x4, quindi è dotato di ben 16 tasti (**figura 4**). Questo modello è dotato di tutte le cifre numeriche decimali, delle lettere dalla A alla E e di un tasto arancione. Per semplicità, nel seguito questo tasto verrà indicato come lettera F. Ovviamente è possibile sostituire il tastierino con un altro dello stesso tipo. Per evitare di utilizzare 16 pin d'ingresso del microcontrollore per leggere contemporaneamente lo stato di ogni tasto, il tastierino viene letto dal microcontrollore mediante multiplazione di riga. Questa tecnica è abbastanza comune per la gestione di tastiere con molti tasti ed è semplice da capire guardando la connessione interna del tastierino e l'interfacciamento con il microcontrollore (**figura 5**). I tasti sono interconnessi tra di loro all'interno del tastierino in modalità riga-colonna. Per esempio, un lato dei tasti 7-8-9-F, appartenenti a una stessa riga (X4), sono tra loro connessi; un lato dei tasti 7-4-1-A, appartenenti a una stessa colonna (Y4), sono tra loro connessi. Esternamente sono accessibili solo 8 segnali: X1, X2, X3 e X4 per ciascuna riga; Y1, Y2, Y3 e Y4 per ciascuna colonna. Premendo il tasto 7, l'unico percorso chiuso che si viene a creare è quello tra i segnali X4 e Y4, cioè i segnali corrispondenti alla linea e colonna del tasto premuto. La lettura dei tasti premuti attraverso

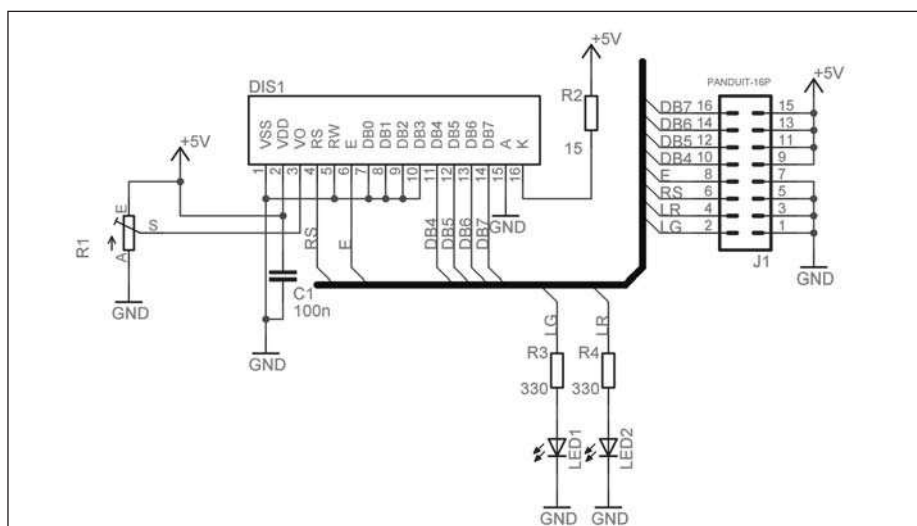



Figura 7: schema elettrico della scheda display.

LISTA COMPONENTI DELLA SCHEDA MADRE

C1,C2, C6, C7	Condensatore 100 nF
C4, C5	Condensatore 22 pF
C8	Condensatore elettrolitico 47 µF 16 V
D1	Diodo 1N4004
IC1	Integrato PIC16F876A
IC2	Integrato 7805 + aletta di raffreddamento per TO220
J2	Connettore alimentazione coassiale
J3	Connettore rettangolare maschio per circuito stampato 10 poli Connettore rettangolare femmina per cavo piatto a crimpare 10 poli
J4, J5	Connettore rettangolare maschio per circuito stampato 16 poli Connettore rettangolare femmina per cavo piatto a crimpare 16 poli
JP1	Strip-line dritta maschio-maschio 2 poli Jumper
JP2	Strip-line dritta maschio-maschio 6 poli Connettore femmina per strip-line 6 poli
JP3	Strip-line dritta maschio-maschio 3 poli
LED1	Diodo LED 5mm verde
LED2	Diodo LED 5mm rosso
Q1	Quarzo 20 MHz
R1, R2, R9, R10, R11, R12	Resistenza 10 kohm 1/4 W
R3, R13	Resistenza 330 ohm 1/4 W
R4	Resistenza 470 ohm 1/4W
R5, R6, R7, R8	Resistenza 100 ohm 1/4W
R14	Resistenza da 47 kohm 1/4W
S1	Deviatore a levetta per circuito stampato

questa tecnica consiste nello scoprire i percorsi chiusi tra righe e colonne, dai quali è possibile risalire ai tasti premuti.
I pin RB0-RB3 del microcontrollore, collegati alle righe del tastierino, sono configurati come uscita e rappresentano una sorta di abilitazione. Mettendo basso il livello di una sola riga (per esempio, mettendo a livello basso soltanto il pin X4/RB3), viene abilitata la lettura dei tasti che si trovano su quella riga. Gli altri pin RB4-RB7, collegati alle colonne, sono configurati come ingressi e vengono usati per leggere i tasti della riga selezionata. Per esempio, se è selezionata la riga X4/RB3 (impostando solo RB3 a livello basso e RB0-RB2 a livello alto) e il pin d'ingresso Y4/RB7 risulta a livello basso, possiamo dedurre che il tasto 7 (incrocio tra X4 e Y4) è premuto. La tensione sui segnali di colonna è a livello alto quando il tasto non è premuto grazie alle resistenze di pull-up. Dopo aver letto i tasti premuti su una riga, si passa alla successiva, in modo ciclico. Come per tutti i tasti momentanei di tipo meccanico, bisogna sempre fare i conti con il fenomeno del rimbalzo che porta alla lettura di numerose pressioni false. Per evitare questo comportamento, è stato implementato un algoritmo software di antirimbalzo (si veda più avanti nella descrizione del firmware).

Scheda smartcard

Il circuito relativo alla smartcard (schema elettrico in **figura 6**) è molto semplice ed è usato solo come supporto per il connettore (J1) ISO7816 a circuito stampato. Il connettore per carte ISO7816 utilizzato è dotato di un contatto normalmente chiuso (pin SW1 e SW2) che rileva, aprendosi, l'inserimento meccanico di una carta all'interno della fessura. Il pin SW2 è collegato a massa, il pin SW1 è portato su un pin d'ingresso (RA0) del microcontrollore mediante un pull-up (si veda il circuito della scheda madre in **figura 3**), in modo da rilevare l'apertura del contatto (e quindi la presenza di una carta). È da notare che lo switch permette di sapere quando è stata inserita una carta all'interno del lettore, ma non dice nulla sul tipo di carta (potrebbe essere anche una carta di credito!). Di questo circuito è da notare soltanto il condensatore (C1) di fuga per stabilizzare localmente l'alimentazione della logica interna alla smartcard e il connettore (JP1) a passo 2,54 mm con 6 pin in linea per il collegamento con la scheda madre. A parte l'alimentazione e la massa, su questo connettore sono presenti il segnale del contatto che rileva la presenza di una carta di cui abbiamo parlato prima e i tre segnali necessari per comunicare con una SLE4442: RESET, CLOCK e I/O. Questi segnali sono collegati, sulla scheda madre, ad altrettanti pin del microcontrollore. Il pin I/O è anche provvisto di pull-up per fissare un livello di tensione ben preciso durante i periodi in cui risulta ad alta impedenza (è da notare che questo segnale è di tipo bidirezionale).

Scheda display

Lo schema elettrico della scheda display è mostrato in **figura 7**. Il display utilizzato è un diffusissimo LCD alfanumerico 2x16 con retroilluminazione a LED bianchi e sfondo blu con controllore HD44780. Il microcontrollore comanda questo display nella modalità 4 bit per minimizzare il numero di segnali da interfacciare: sono necessari solo 6 segnali d'uscita dal microcontrollore (4 segnali per i dati, uno per RS e uno per

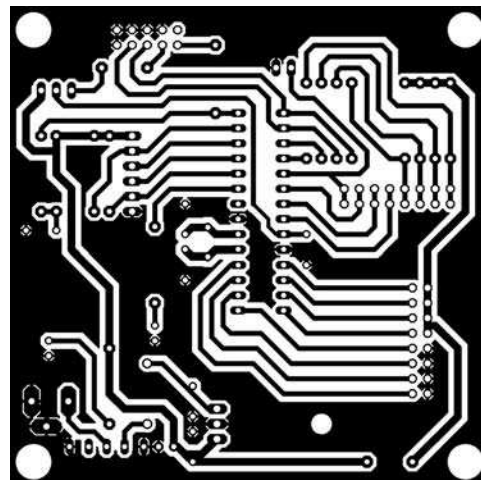



Figura 8: lato rame della scheda madre in scala 1:1.

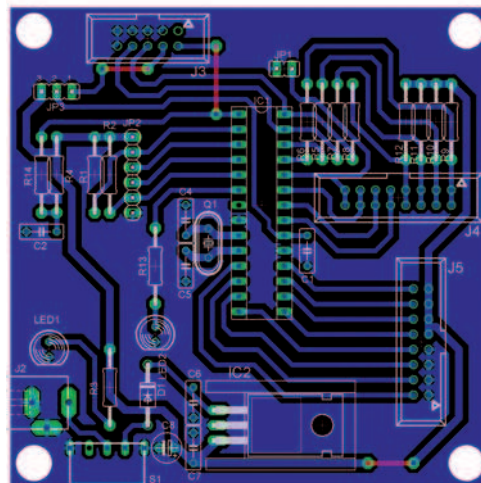



Figura 9: piano di montaggio della scheda madre.

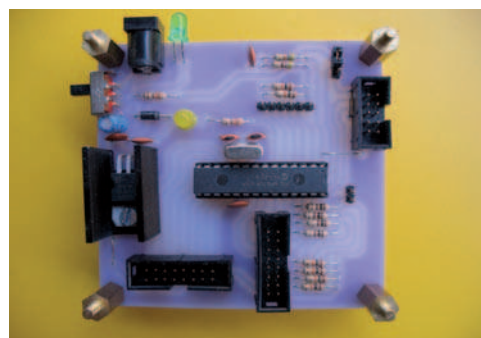



Figura 10: scheda madre prototipo.

a grande richiesta

Il prossimo, nuovissimo, numero di

Fare Elettronica EXTRA

prossimamente in edicola

Se sei abbonato
a Fare Elettronica
richiedi la tua copia
a soli **€ 4** anzichè **€ 6**.
Ti sarà recapitata
comodamente
a casa tua
senza il rischio
di non trovarla
in edicola.

INWARE EDIZIONI

TELEFONA SUBITO ALLO 02 66504755
OPPURE COLLEGATI AL SITO
www.farelettronica.com/200p

CODICE MIP 2775390

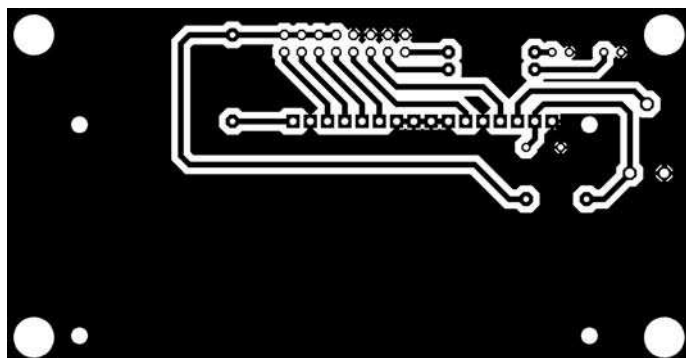



Figura 11: lato rame della scheda display in scala 1:1.

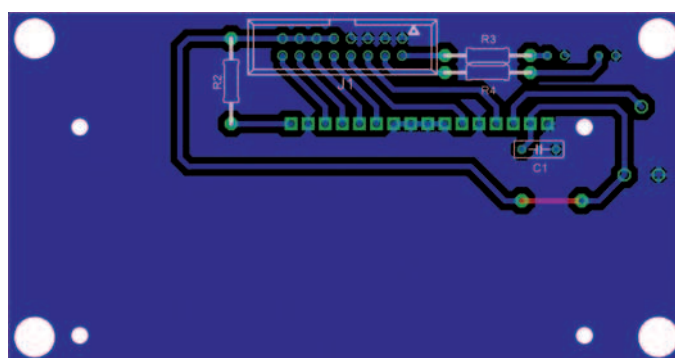



Figura 12: montaggio sul lato componenti della scheda display.

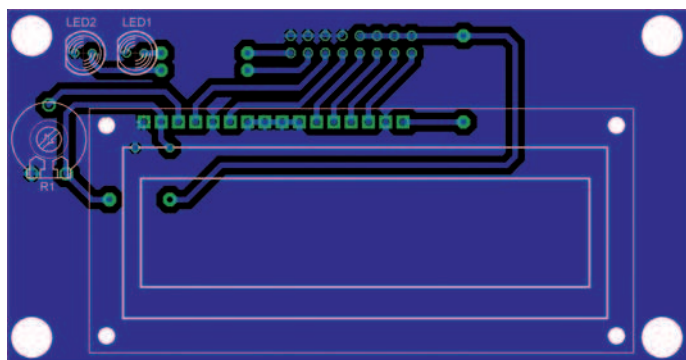



Figura 13: montaggio sul lato rame della scheda display.

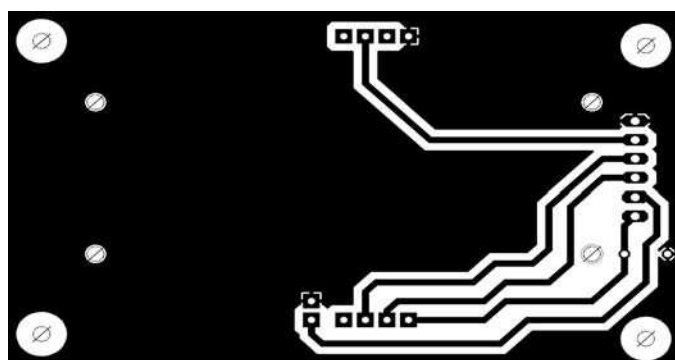



Figura 15: lato rame della scheda smartcard in scala 1:1.

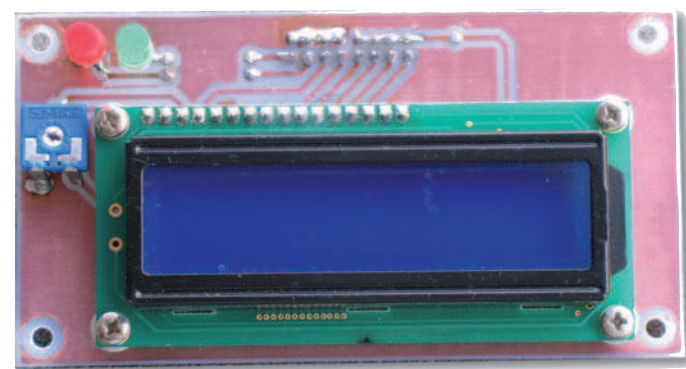



Figura 14: scheda display prototipo.

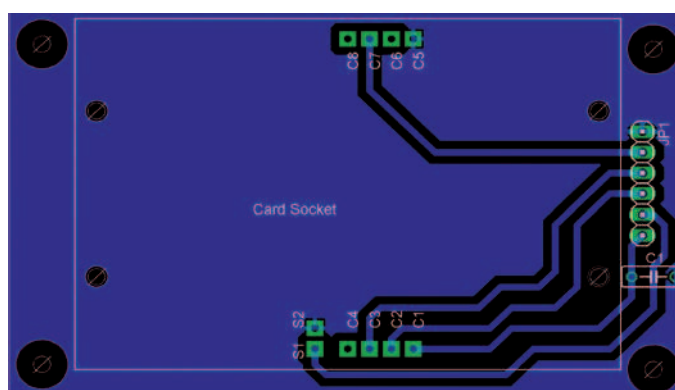



Figura 16: montaggio sul lato rame della scheda smartcard.

E). Nella modalità 4 bit, gli altri pin dei dati e il segnale R/W vengono collegati direttamente a massa. Oltre all'alimentazione, sempre pari a +5 Vdc, proveniente dalla scheda madre, è necessario un segnale analogico variabile da 0 V a 5 V sul pin Vo di contrasto. Questa tensione viene prelevata da un partitore costituito da un semplice trimmer a singolo giro: variando la posizione del trimmer, varia la tensione al pin Vo del display e, quindi, varia il contrasto. In questo modo, l'utente può ottimizzare la resa visiva in qualsiasi condizione ambientale si trovi, agendo direttamente sul trimmer.

I LED della retroilluminazione sono collegati direttamente all'alimentazione mediante una resistenza di limitazione dimensionata in modo che la corrente sia pari a quella indicata sul datasheet. Sempre sulla scheda display sono stati aggiunti due LED di stato, uno rosso e uno verde. L'accensione del LED rosso rappresenta un errore nella gestione della smartcard inserita (per esempio, smartcard non compatibile con il sistema o bloccata); l'accensione del LED verde rappresenta, invece, un'operazione di scrittura sulla smartcard andata a buon fine. I LED sono pilotati direttamente da due pin del microcontrollore (RC0 e RC1), in quanto la corrente in uscita dal PIC16F876A è sufficiente a tale scopo (naturalmente è necessario utilizzare le resistenze R3 e R4 per la limitazione di corrente).

Il connettore (J1) di collegamento con la scheda madre è di tipo rettangolare a 16 pin per cavo piatto dove sono portati tutti i segnali utilizzati sulla scheda display, compresi l'alimentazione e la massa.

REALIZZAZIONE

Particolare importanza nella progettazione di un dispositivo elettronico è la

TABELLA 3 - BIT DI CONFIGURAZIONE DA UTILIZZARE DURANTE LA PROGRAMMAZIONE

BIT DI CONFIGURAZIONE	VALORE
Oscillator	HS
Watchdog	Disabled
Power-up Timer	Enabled
Brown-out Reset	Enabled
Low voltage programming	Disabled
Flash Program Memory Write	All
Code	Not protected
Data EEPROM	Not protected

TABELLA 4 LISTA COMPONENTI DELLA SCHEDA DISPLAY

C1	Condensatore 100 nF
LED1	Diodo LED 5 mm verde
LED2	Diodo LED 5 mm rosso
R1	Trimmer 10 kohm
R2	Resistenza 15 ohm 1/4 W
R3,R4	Resistenza 330 ohm 1/4 W
J1	Connettore rettangolare maschio per circuito stampato 16 poli Connettore rettangolare femmina per cavo piatto a crimpare 16 poli
DIS1	Display alfanumerico 2x16 con retroilluminazione a LED Winstar WH1602B-TMI-EP-BR o equivalente Strip-line maschio-maschio 20 poli

realizzazione, una fase che impiega una grande percentuale di tempo e permette di arrivare a un prototipo funzionante. Un piccolo errore di realizzazione può essere scambiato per un errore concettuale e può far perdere molto tempo inutilmente.

Scheda madre

Per questo lettore di smartcard dobbiamo realizzare ben tre schede elettroniche tra cui, la più complicata, è la scheda madre, il cui lato rame è mostrato in **figura 8** in dimensioni reali. Il circuito è un singolo layer, ha una dimensione di 80x80 mm e può essere realizzato secondo le tecniche più comuni, tra cui la fotoincisione. Dopo aver realizzato il circuito stampato e averlo forato, è possibile montare i componenti, seguendo il piano di montaggio in **figura 8** e l'elenco componenti in **tabella 2**.

Iniziate il montaggio dai tre ponticelli realizzati mediante reofori di componenti. Saldate successivamente tutte le resistenze, i condensatori (facendo attenzione al verso di quello elettrolitico), le strip-line, il quarzo, il diodo e i LED (anche per questi ultimi, fate attenzione al verso di montaggio). A questo punto montate il resto dei componenti: i connettori, il deviatore a levetta, lo zoccolo per il microcontrollore, il 7805 con la sua aletta di raffreddamento (il montaggio di quest'ultimo è di tipo orizzontale, quindi sarà necessario piegare i suoi piedini). Il LED verde di alimentazione (LED1) è stato posizionato volutamente vicino al connettore di alimentazione. È possibile piegarlo a 90° in modo che possa fare luce all'esterno di un eventuale contenitore. Sono stati previsti anche quattro fori ai vertici del circuito per un più facile montaggio a una superficie. Prima di inserire il microcontrollore nel suo zoccolo, provate ad alimentare il circuito e ad accenderlo mediante l'interruttore. Il LED di alimentazione dovrebbe accendersi. Se così non fosse, spegnete subito e ricontrollate tutto. Per maggiore sicurezza, verificate con un multimetro che la tensione di alimentazione in uscita dal 7805 sia +5 Vdc.

Dopo esservi assicurati che la tensione di alimentazione è corretta, procedete alla programmazione del microcontrollore, utilizzando un qualsiasi programmatore per PIC16F876A o la programmazione in circuit direttamente sulla nostra scheda madre. A tale scopo è necessario utilizzare un programmatore con un cavo di programmazione compatibile con il nostro connettore (J3) per la programmazione. Ricordate che nei chip nuovi di fabbrica è attiva la LVP (low-voltage programming) non supportata dalla nostra interfaccia di programmazione. Per disattivare la LVP definitivamente sul chip, inserite un jumper in JP1 e programmate. A questo punto potete togliere il jumper. Il file HEX da utilizzare per la programmazione può essere scaricato direttamente dal sito di Fare Elettronica alla pagina relativa a questo articolo. All'interno del file HEX ci sono tutte le informazioni utili per il programmatore, tra cui i bit di configurazione. Se il vostro programmatore non dovesse leggere correttamente i bit di configurazione, fate riferimento alla **tabella 3**. Durante la programmazione in-circuit, potete scegliere se alimentare il microcontrollore dal programmatore oppure dalla nostra scheda madre mediante il jumper JP3. A realizzazione terminata, la nostra scheda madre prototipo si mostra come in **figura 10**.

Scheda display

Anche la scheda display (dimensioni circa 100x50 mm) è a singolo layer e il suo lato rame è mostrato in **figura 11** in scala 1:1. Anche questo circuito stampato può essere realizzato con le solite tecniche. Ci sono pochi componenti da montare, ma è necessario porre particolare attenzione in quanto alcuni devono essere montati normalmente sul lato componenti, altri devono essere montati sul lato rame. In **figura 12** è mostrato il montaggio sul lato componenti e in **figura 13** il montaggio sul lato rame. In **tabella 4** c'è la lista dei componenti. I componenti sul lato componenti vanno montati nel solito modo, ricordando di montare anche il ponticello utilizzando un reoforo.

Il trimmer, i due LED, la strip-line e il display vanno montati, in modo insolito, sul lato rame. Pur avendo il rame sullo stesso lato dei componenti, il montaggio non è difficile per la presenza dei reofori che sono accessibili con la punta del saldatore da entrambi i lati. Particolare attenzione va posta al montaggio del display che dovrà essere mantenuto a una certa distanza (circa 4-5 mm) dallo stampato mediante dei distanziatori e fissato tramite viti e dadi (notare la presenza dei 4 fori ai vertici del display a tale scopo). Il collegamento elettrico viene garantito mediante la strip-line che dovrà essere saldata sia sul nostro circuito stampato, sia su quello del display stesso: è conveniente spostare la barra di plastica che tiene uniti i pin della strip-line in modo che possa essere saldata comodamente da entrambe le parti.

Il montaggio di alcuni componenti sul la-

TABELLA 5 LISTA COMPONENTI DELLA SCHEDA SMARTCARD

J1	Zoccolo ISO7816 per circuito stampato con contatto normalmente chiuso
JP1	Strip-line dritta maschio-maschio 6 poli Connettore femmina per strip-line 6 poli
C1	Condensatore 100 nF

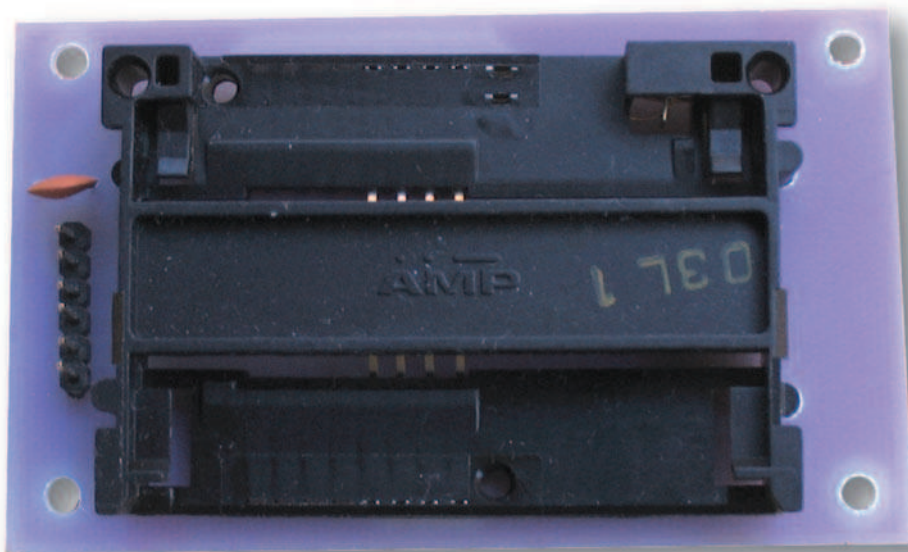



Figura 17: montaggio sul lato rame della scheda smartcard.

Figura 18: foto del prototipo del lettore.

to rame, pur essendo più complicato, è stato fatto per poter fissare la scheda a un pannello utente. In questo modo solo i LED, il display e il trimmer risultano affacciati verso l'utente, poiché sono gli unici componenti con cui deve interagire. Il trimmer può essere coperto dal pannello, a parte un piccolo foro centrale che permette all'utilizzatore di inserire un cacciavite per la regolazione del contrasto. La nostra scheda display montata è mostrata in **figura 14**.

Scheda smartcard

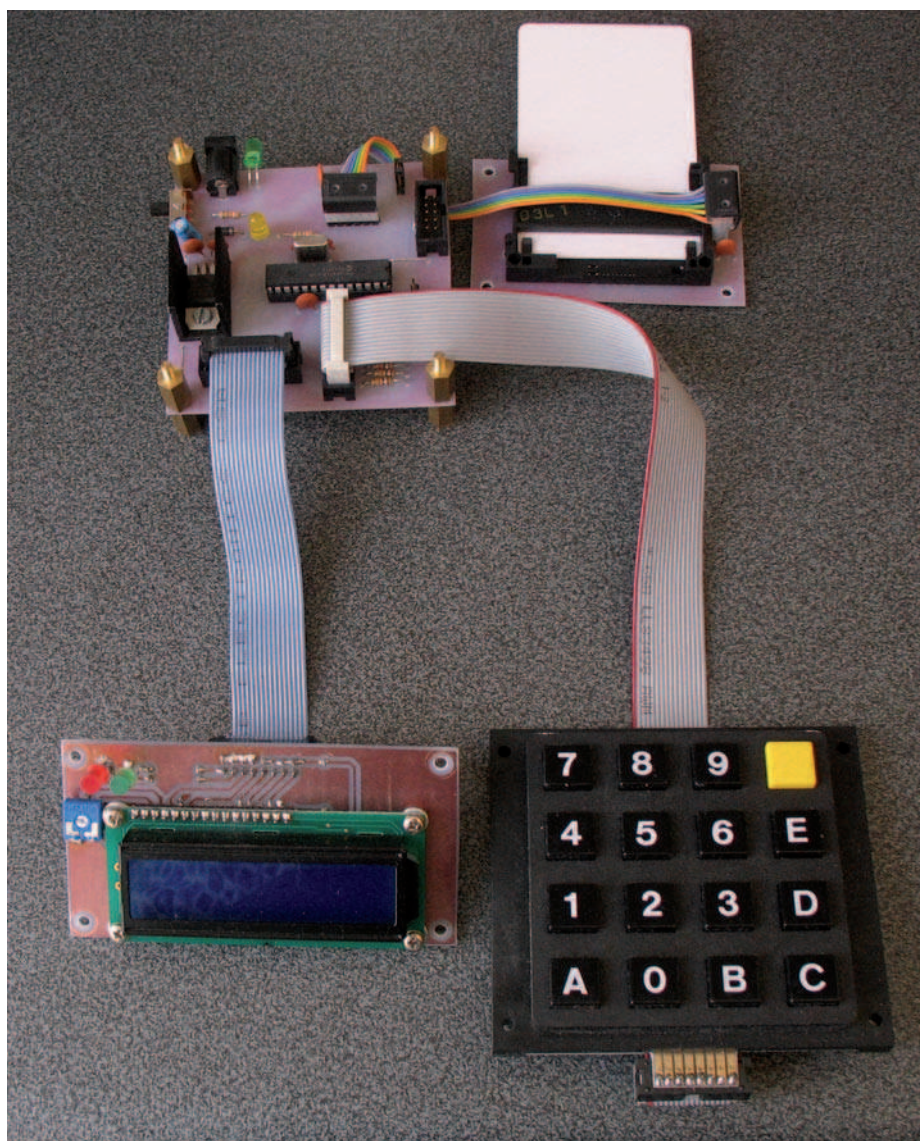
È la scheda più semplice da montare, poiché contiene soltanto tre componenti. Il lato rame in scala 1:1, il piano di montaggio e la lista componenti si trovano rispettivamente in **figura 15**, **figura 16** e **tabella 5**.Anche per questa scheda sono previsti quattro fori per il fissaggio a una base. Ciò è molto importante, poiché lo zoccolo subirà notevoli stress meccanici dovuti all'inserimento e all'estrazione delle smartcard. In **figura 17** è mostrata la scheda smartcard dopo la sua realizzazione.

Tastierino

Il tastierino numerico utilizzato è un prodotto finito che può essere fissato direttamente a un pannello. Bisogna soltanto montare il connettore 16 poli per il cablaggio con la scheda madre, stando molto attenti al verso (il pin 1, normalmente marcato con una freccetta disegnata sul connettore, deve essere collegato alla colonna Y1 dei tasti F-E-D-C).

ASSEMBLAGGIO

Dopo aver realizzato le tre schede, siamo pronti per il loro collegamento. Tutti i cablaggi sono stati fatti mediante semplici flat-cable a passo 2,54 mm a crimpare. Come al solito, bisogna prestare molta attenzione durante l'operazione di crimpaggio per rispettare il verso: il pin 1 deve coincidere su entrambi i lati del cavetto. I connettori usati per il cablaggio tra scheda madre e tastierino e tra scheda madre e scheda display sono del tipo rettangolare a due file (entrambi 2x8). I connettori usati per il collegamento tra scheda madre e scheda smartcard sono, invece, a una fila di pin (1x6). Il nostro prototipo completo è mostrato in **figura 18**. ❑

CODICE MIP 2757013

Network-enable Tibbo

Una serie di prodotti che consentono di collegare qualsiasi periferica dotata di linea seriale ad una LAN di tipo Ethernet. Firmware aggiornabile via Internet. Software per Windows / Linux e documenzione tecnica, disponibili gratuitamente su www.tibbo.com

Prezzi IVA inclusa.

EM1000W Starter Kit

Kit di valutazione e programmazione per il nuovo modulo Wi-Fi EM1000W (composto da un EM1000 e da una scheda aggiuntiva Wi-Fi WA1000) comprendente la demoboard completa di modulo EM1000, modulo WA1000, 1 antenna esterna, un cavo UTP cross, due cavi con connettore DB9 e un adattatore di rete da 12Vdc/0,5A e CD con relativa documentazione.

[**EM1000W512KSK01**
Euro **280,⁰⁰**]

ACCESSORI

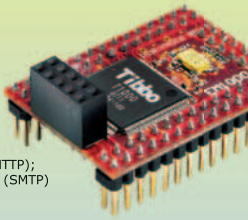
- **ANTCAVO** - Cavo adattatore per antenna Wi-Fi esterna. € 12,00
- **ANTEXT** - Antenna Wi-Fi da collegare, tramite l'apposito cavo adattatore (ANTCAVO) al modulo WA1000. € 8,50

WA1000 Wi-Fi Add-on Board

[**WA1000**
Euro **59,⁹⁰**]

Modulo aggiuntivo che consente all'EM1000 di connettersi tramite Wi-Fi (802.11b). Viene montato direttamente sull'EM1000 e comunica con quest'ultimo tramite SPI ad alta velocità. Il WA1000 è pienamente supportato dal Tibbo Basic che dispone di un'apposita libreria per la comunicazione Wi-Fi. Dispone di antenna integrata e connettore coassiale per antenna esterna (I-PEX MHF). Dimensioni 37x25 millimetri.

EM1000-T-01 "WA1000 compatible"

- Protocolli supportati: UDP; TCP; ICMP (ping); DHCP; HTTP;
- Fino a 16 connessioni simultanee UDP o TCP (HTTP);
- Possibilità di implementare protocolli aggiuntivi (SMTP) mediante applicazione Basic personalizzate;
- 4 porte seriali ad alta velocità;
- 49 linee I/O.

Modulo Ethernet programmabile in Basic per lo sviluppo di applicazioni Embedded-industrial-networking. È dotato di porta Ethernet 100BaseT, di memoria Flash da 1024kB e memoria EEPROM da 2kB. Dispone di connettore per il collegamento al modulo Wi-Fi WA1000.

[**EM1000T01** - Euro **71,⁰⁰**]

EM1000-TEV Development System

Sistema di sviluppo EM1000-TEV progettato per lo sviluppo di terminali, dispositivi di raccolta dati e di controllo, basati sul modulo EM1000. L'EM1000-TEV viene fornito con una sofisticata applicazione Tibbo BASIC che mostra l'utilizzo di questo sistema di sviluppo. L'applicazione implementa un terminale di raccolta dati completo, con menu di impostazione, interfaccia browser, log degli eventi, ecc. L'ultima versione dell'applicazione può essere scaricata dal sito web della Tibbo (*www.tibbo.com*).

- 1 Pz. TEV-LB0: display LCD 128x64 WINSTAR WG12864F (controller SAMSUNG S6B0108)
- 2 Pz. TEV-IB0: scheda RS232/422/485
- 2 Pz. TEV-IB1: scheda con 3 ingressi optoisolati e 3 uscite a relè
- 2 Pz. TB100: Terminal Block Adaptor con connettore DB9M (ideale per cablare le linee RS422 e RS485 alla porta seriale di un dispositivo TIBBO).

Include le seguenti schede:
- 1 Pz. TEV-MB0: motherboard con modulo EM1000 512KT01
- 1 Pz. TEV-KB0: tastiera con 16 pulsanti e 4 LED

[**EM1000TEV**
Euro **480,⁰⁰**]

DS1000 BASIC-programmable Industrial Controller

Dispositivo per uso industriale basato su un modulo EM1000 che, a differenza dei tradizionali PLC, consente di creare applicazioni basate sul Web, comunicazioni TCP/UDP, email, data storage, ecc. Dispone di 4 porte seriali ad alta velocità, porta Ethernet 100BaseT, memoria Flash da 512kB, real-time clock con backup, LED di segnalazione, buzzer e di contenitore impermeabile compatibile con barre DIN.

[**DS1000** • Euro **330,⁰⁰**]

EM1202 BASIC-programmable Ethernet Module

Compatto modulo programmabile in Tibbo Basic dotato di porta Ethernet 100BaseT; memoria Flash da 512kB; real-time clock; 32 I/O; 4 porte seriali ad alta velocità che possono comunicare in modalità UART, Wiegand e clock/data. Può essere abbinato al connettore RJ1202 (combinazione disponibile solo su richiesta, cod. EM1202/RJ1202) col quale si ottiene un sistema Ethernet, completo di connettore RJ45, filtri magnetici e 4 LED di stato.

[**EM1202** • Euro **60,⁰⁰**]

EM1202-EV-RS Evaluation Board

Consente un rapido apprendimento delle funzionalità del modulo programmabile in Tibbo Basic EM1202 (incluso) e può essere utilizzata come Server Device stand-alone. Dispone di porta ethernet 100BaseT, porta RS232 (DB9M), LED di stato e pulsante di setup. Alimentazione 9÷24Vdc.

[Disponibile anche il kit composto da demoboard EM1202-EV completa di modulo EM1202, cavo seriale DB9 M/F e DB9 F/F, cavo UTP e adattatore di rete 12Vdc/0,5A, cod. **EM1202SK - Euro 151,00**]

[**EM1202-EV-RS**
Euro **92,⁰⁰**]

EM100 Ethernet Module

Convertitore Seriale/Ethernet 10BaseT studiato per applicazioni onboard. Dispone di un indirizzo IP proprio, facilmente impostabile tramite LAN o porta seriale. Integra un circuito d'accoppiamento magnetico e dispone di 1 porta seriale TTL e di 2 porte supplementari I/O. Buffer da 510Bx2, assorbimento 40mA@5Vdc, dimensioni 46x28x13mm.

[**EM100**
Euro **52,⁰⁰**]

DS100 Serial Device Server

- *Convertitore completo 10BaseT/Seriale;*
- *Compatibile con il modulo EM100.*

È in grado di collegare un dispositivo munito di porta RS232 ad una LAN Ethernet, permettendo quindi l'accesso a tutti i PC della rete locale o da Internet. Dispone di un indirizzo IP ed implementa i protocolli UDP, TCP, ARP e ICMP. Alimentazione 12Vdc/150mA.

[**DS100R**
Euro **112,⁰⁰**]

[Disponibile anche nella versione con porta multistandard RS232/RS422/RS485, cod. **DS100B - Euro 130,00**].

EM120 Ethernet Module

Simile al modulo EM100 ma con dimensioni più contenute (35x27,5x9,1mm). È dotato di porta Ethernet 10BaseT, di 1 porta seriale TTL e di 5 porte supplementari I/O. Buffer da 8kBx2, assorbimento 50mA@5Vdc. Richiede il collegamento ad una presa RJ45 dotata di filtri.

[**EM120** • Euro **54,⁰⁰**]

EM1000 - BASIC-programmable Ethernet Module

PIATTAFORMA EM1000

Modulo dotato di porta Ethernet 100BaseT e di memoria Flash da 1024kB. Processore RISC 88MIPS; protocolli supportati UDP, TCP, ICMP (ping), DHCP, HTTP; fino a 16 connessioni simultanee UDP o TCP (HTTP); 4 porte seriali ad alta velocità; 49 linee I/O.

[**EM1000** • Euro **61,⁰⁰**]

EM1000SK - Starter Kit

Kit di valutazione e programmazione che comprende la demoboard (EM1000EV) completa di modulo EM1000, due cavi UTP schermati non incrociati con connettori RJ45, due cavi seriali con connettore DB9 e un adattatore di rete 12Vdc/0,5A.

[**EM1000SK** • Euro **255,⁰⁰**]

EM200 Ethernet Module

È dotato di porta Ethernet compatibile 100BaseT ed è pin-to pin compatibile con il modello EM120. Può lavorare come convertitore Seriale/Ethernet o come controller programmabile in Tibbo Basic. Dispone di Buffer da 8kBx2, 1 porta seriale TTL, 5 porte supplementari I/O e supporta i protocolli UDP, TCP, ARP, ICMP (PING) e DHCP. L'hardware non comprende i filtri magnetici per la porta Ethernet. Assorbimento 220mA@5Vdc, dimensioni 32,1x18,5x7,3mm.

[**EM200**
Euro **71,⁰⁰**]

TIBBO DS203A KIT

Per un rapido sviluppo di applicazioni personalizzate è disponibile il kit DS203A-kit. Questo set comprende, oltre al Serial Device Server DS203A, l'adattatore da rete (12Vdc/500mA), 1 cavo DB9F - DB9F che consente di collegare il DS203A alla porta seriale del PC, 1 cavo DB9M - DB9F che consente di collegare il DS203A ad un altro dispositivo con interfaccia seriale; 1 cavo Ethernet crossover che consente di collegare il DS203A ad un altro dispositivo con interfaccia LAN (bypassando l'HUB), 1 cavo Ethernet normale che consente di collegare il DS203A ad un HUB o SWITCH.

[**DS203A-KIT** • Euro **161,00**].

ACCESSORI

- **DMK100** - Supporto DIN per convertitori Tibbo DS100R/DS202R € 6,70
- **TB100** - Adattatore da connettore DB9 a morsettiera per moduli Tibbo € 13,00
- **APR1015** - Alimentatore 12Vdc/500mA per moduli Tibbo (DS100R, DS100B, EM120, EM200-EV, EM100-EV) € 8,50
- **APR-P0006** - Alimentatore 12Vdc / 500mA per moduli Tibbo (EM202-EV-RS, EM202EV-TM, DS202R) € 8,50

EVALUATION BOARD per EM203

Scheda di valutazione per i moduli EM203 Tibbo. Questo circuito consente un rapido apprendimento delle funzionalità del modulo di conversione Ethernet/seriale EM203 (la scheda viene fornita con un modulo). Il dispositivo può essere utilizzato come un Server Device stand-alone. L'Evaluation board implementa un pulsante di setup, una seriale RS232 con connettore DB9M, 4 LED di stato e uno stadio switching al quale può essere applicata la tensione di alimentazione (9-24 Vdc).

[**C203A-EV-RS**
Euro **107,⁰⁰**]

EM203 Modulo di conversione seriale/ethernet

È in grado di lavorare come convertitore Seriale/Ethernet o come controller programmabile in Tibbo Basic. Dispone di connettore RJ45 completo di filtri magnetici, 1 porta Ethernet compatibile 100/10BaseT, 1 uscita seriale TTL full-duplex e half-duplex (115 kbps), Buffer da 12kBx2 e di 4 LED di segnalazione. Assorbimento 230mA@5Vdc.

[**EM203** • Euro **64,⁰⁰**]

di STEFANO BOLDRINI (IZ2PFV)

Radioricevitore A CRISTALLO

Un semplicissimo progetto di un ricevitore per le onde medie realizzato mediante l'utilizzo di un diodo al germanio che non necessita di alcuna fonte di alimentazione

Ormai siamo sempre più abituati a pensare all'elettronica in termini di black box indecifrabili. Anche se per il neofita il costruire un ricevitore radio più che decente non rappresenta più uno scoglio insuperabile, il più delle volte questa operazione vene portata a termine senza la totale comprensione dei principi che ne regolano il funzionamento. Questo articolo vuole riprendere quindi le tecniche elementari di ricezione già trattate precedentemente con il progetto del ricevitore a valvola termoionica. Il ricevitore presentato in questo progetto opera in un range di frequenza compreso tra i 700 kHz e i 1100 kHz. I blocchi principali che costituiscono il ricevitore, sono i seguenti:

- blocco di aereo;
- blocco di sintonia;
- blocco di rivelazione;
- blocco di audio frequenza.

Questi blocchi, analizzati nel dettaglio qui di seguito, sono interconnessi fra di loro come mostrato in **figura 1**.

BLOCCO DI AEREO (ANTENNA E TERRA)

Essendo il ricevitore presentato in questo progetto di tipo passivo, cioè che non ha nessuno stadio di amplificazione intermedio, l'antenna gioca un ruolo molto determinante, infatti tutta l'energia che arriva al blocco di rivelazione viene ricavata direttamente dalla stessa. L'energia elettromagnetica captata viene trasformata in una debole corrente (segnale a radio frequenza) che circola nell'antenna e nel ricevitore. La terra ha un'importanza determinante, dato che viene utilizzato come "conduttore di ritorno", dove confluisce la corrente a radiofrequenza una volta rivelata. Migliore è l'antenna, migliore è la terra, e maggiore sarà la quantità di segnale che si riuscirà a captare.
In linea di principio, l'antenna dovrebbe abbracciare una grande estensione di spazio libero, in modo da essere investita da un campo elettromagnetico sufficientemente intenso, e dovrebbe essere dimensionata in modo da risuonare alla frequenza che intendiamo ricevere.
Quindi essendo la lunghezza d'onda e la frequenza strettamente legate dalla seguente formula:

$$\lambda=c/f$$

dove λ corrisponde alla lunghezza d'onda [metri], f alla frequenza [hertz] e c è la costante velocità della luce $3*10^8$ [metri/secondo] e avremo una lunghezza totale dell'antenna all'incirca di 300 metri. Qualora la cosa risultasse problematica si potrà ripiegare su lunghezze minori della stessa.

BLOCCO DI SINTONIA

L'operazione di sintonia (o accordo) è quell'operazione che permette di selezionare tra tutti i segnali presenti in antenna solo quelli che si vuole ricevere. Tale selezione si basa sull'impiego di un

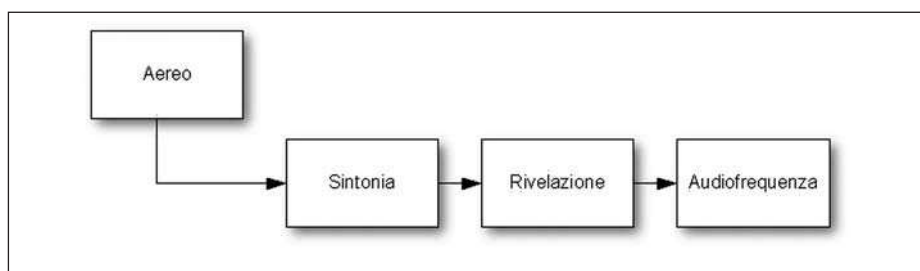



Figura 1: schema a blocchi del ricevitore.

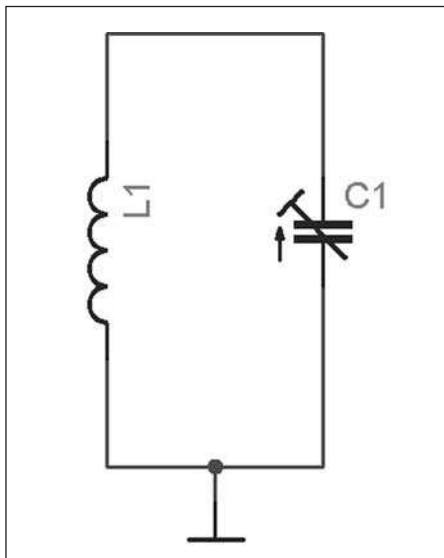



Figura 2: blocco di sintonia.

circuito selettivo LC, sintonizzabile tramite la variazione di uno o di entrambi i parametri. Sostanzialmente questo blocco (**figura 2**) è composto da due componenti, un condensatore variabile e un induttore, che nel nostro caso è una bobina home-made tipo quella in **figura 3**, ma ci sono certi modelli dell'epoca che hanno il variometro, che non è nient'altro che un induttore variabile, realizzato in varie configurazioni.
Il dato fondamentale di questo circuito sintonizzabile è prettamente la frequenza fondamentale di accordo f_0 che si calcola con la seguente formula:

$$F_o = \frac{159}{\sqrt{LC}} \simeq 900KHz$$

Ad esempio, per valori di L e C attorno agli 85 mH e 300 pF si ha una frequenza attorno ai 1000 kHz.

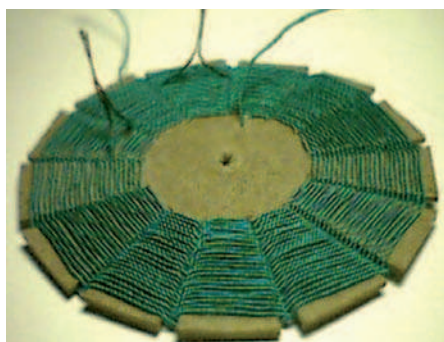



Figura 3: bobina home-made.

BLOCCO DI RIVELAZIONE

L'operazione di rivelazione (o demodulazione) e quell'operazione che permette di rendere nuovamente udibile la componente audio trasportata dal segnale a radiofrequenza che ricordiamo per l'AM essere un'onda radio modulata in ampiezza appunto dal segnale audio, quindi il rivelatore divide il circuito in due parti distinte. In questo caso come metodo di demodulazione si sfrutta la proprietà rettificatrice di un materiale semiconduttore, cioè la capacità di lasciarsi attraversare più facilmente dalla corrente in una direzione piuttosto che in quella opposta. Quindi in questa versione un po' rivisitata, il blocco di rivelazione (**figura 4**) è composto da un unico componente, cioè un diodo, che nel progetto originale dell'epoca era un cristallo di Galena, ma di questo se ne parlerà in maniera più approfondita nella prossima sezione. Il diodo in questione deve avere una bassissima tensione di soglia (cioè valore di tensione in cui il diodo entra in conduzione); un normale diodo al silicio, per entrare in conduzione, deve superare la soglia di circa 0,7 V e, data l'esiguità dei segnali in gioco, l'apparato risulterebbe molto poco sensibile, per non dire quasi completamente "sordo". Per ovviare a questo problema si preferisce utilizzare un diodo al germanio che, a differenza di quello al silicio, entra in conduzione con una tensione di appena 0,2 V.

CRISTALLO DI GALENA

La galena non è altro che un solfuro di piombo naturale, di colore grigio brillante (**figura 5**), sfruttato come detector a RF per le sue proprietà di semiconduttore. Per sfruttare questo cristallo si utilizza un contatto mobile detto a baffo di gatto, perché non tutti i punti della galena offrono la stessa sensibilità per la ricezione; i punti sensibili si devono trovare con prove successive e pazienza. A una pres-

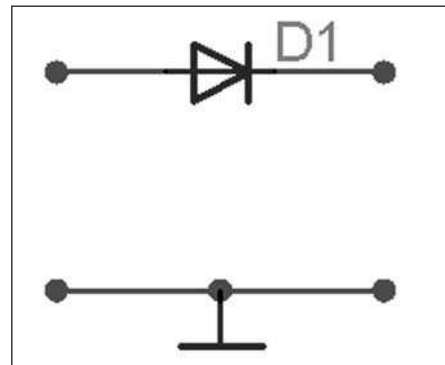



Figura 4: blocco di rivelazione.

sione della punta sufficiente si ottiene la rettificazione, aumentando tale pressione si perde. Un aumento di temperatura ha lo stesso effetto di un aumento di pressione. La dimensione del cristallo non è indice di qualità: una dimensione maggiore non implica un funzionamento migliore anzi, spesso, si ottengono migliori risultati da piccoli frammenti (**figura 6**).

BLOCCO DI AUDIOFREQUENZA

Per poter rendere udibili i segnali rivelati dalla radio a cristallo, si ricorre all'utilizzo di una cuffia di adeguate caratteristiche. La scelta delle cuffie è principalmente motivata dal fatto che i segnali ricevuti hanno una debole intensità, pertanto la cuffia rappresenta il modo idea-

Figura 5: cristallo di Galena.

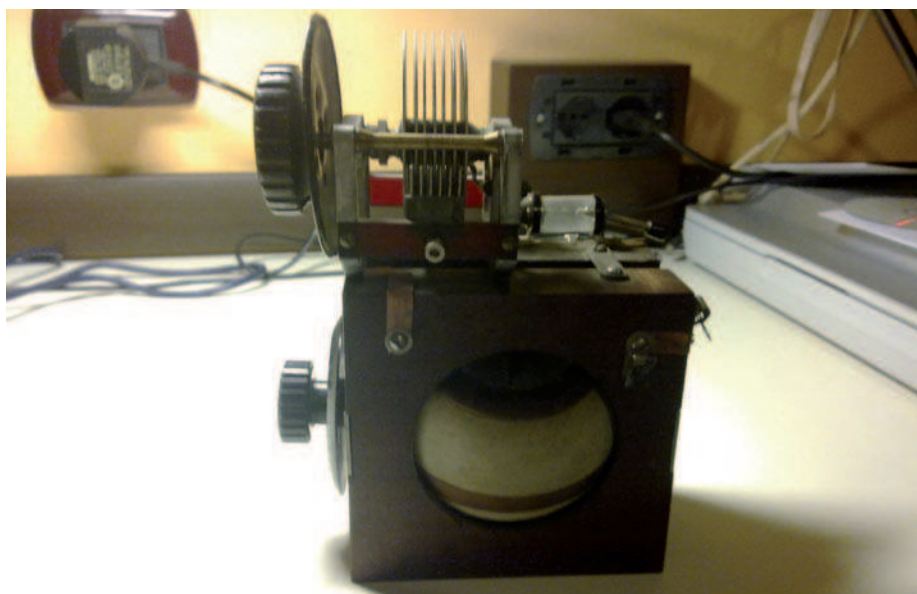



Figura 6: ricevitore a Galena dell'epoca.

Figura 7: cuffie alta impedenza.

PER approfondire...

La Radio a Galena- Fabio Courmoz &Alessandro Battocchio- Mose Edizioni
http://www.leradiodisophie.it/
http://it.wikipedia.org/wiki/Radio_a_galena

le di ascoltarli. Una buona cuffia (**figura 7**) deve essere in grado di rilevare tensioni dell'ordine dei millivolt o meno e anche di dare una buona riproduzione con correnti dell'ordine dei microampere: dovrà presentare quindi una resistenza compresa tra i 600 e i 4000 ohm (l'unico problema potrebbe essere la reperibilità di queste ultime, dato che si fatica a trovarle anche nei banchi di "surplus"; una soluzione di ripiego potrebbe essere l'impiego di una capsula piezo ad alta impedenza, con in parallelo una resistenza di cui trovare sperimentalmente il valore).

FUNZIONAMENTO

Nulla di più banale: collegare l'antenna; collegare la terra, indossare le cuffie, giocare pazientemente con la sintonia, possibilmente in ore serali e..... buon ascolto. Vi renderete conto di quanto possa essere semplice ascoltare emissioni radio, anche da paesi lontani, con un apparato dalla semplicità disarmante. ❑

CODICE MIP 275698

di STEFANO LOVATI

5 modi per generare UN'ONDA QUADRA

Il generatore di onde quadre rappresenta uno strumento indispensabile per ogni appassionato di elettronica. In questo articolo sono presentati 5 modi diversi per generare un'onda quadra: seguendo gli schemi proposti, con una modica spesa il lettore sarà in grado di costruire da sé questo importante e valido strumento

Il generatore di onde quadre rappresenta uno di quegli strumenti che non deve assolutamente mancare nel corredo di ogni appassionato di elettronica. Se poi questo viene autocostruito, si aggiunge un ulteriore valore all'oggetto creato, combinando armonicamente l'aspetto pratico con quello teorico.
I campi di impiego di un generatore di onde quadre in bassa frequenza (detto anche semplicemente generatore BF) sono molteplici: può essere utilizzato per collaudare amplificatori audio, come iniettore di segnale (signal tracer) per eseguire la diagnosi di vari tipi di circuiti, come sorgente di clock nei circuiti digitali, o anche per fare un pò di pratica con l'oscilloscopio. Sul mercato esistono generatori di funzioni di tipo commerciale in grado di generare vari tipi di forme d'onda (onda quadra, dente di sega, triangolare, sinusoidale) offrendo anche la possibilità di eseguire la regolazione dell'ampiezza e della frequenza all'interno di range anche molto estesi. Tuttavia, la realizzazione di un semplice circuito come quelli classici proposti in questo articolo può sempre fare comodo; si tratta infatti di schemi che adottano componenti economici facilmente reperibili e che richiedono un esiguo tempo di realizzazione.

MULTIVIBRATORE ASTABILE A TRANSISTOR

Si tratta di un classico circuito presente in tutta la letteratura elettronica: si definisce come oscillatore astabile un circuito la cui uscita commuta periodicamente e spontaneamente tra due stati (nessuno dei quali è stabile), generando quindi un'onda quadra periodica. Un importante vantaggio offerto da questo schema è quello di generare anche delle armoniche multiple della frequenza fondamentale: se l'oscillatore, ad esempio, ha una frequenza pari a 1 kHz, esso sarà ricco anche di armoniche a 2, 3, 4, 50... kHz, anche se la loro ampiezza andrà progressivamente diminuendo. Uno strumento di questo tipo, potenzialmente, è in grado di eseguire un controllo qualitativo di praticamente tutti gli stadi di un ricevitore radio, dall'antenna sino all'uscita audio. Al fine di garantire la presenza di armoniche, è opportuno selezionare i parametri del circuito in modo tale che le oscillazione avvengano in modo sufficientemente rapido. Lo schema proposto, basato su transistor di tipo BJT, è mo-

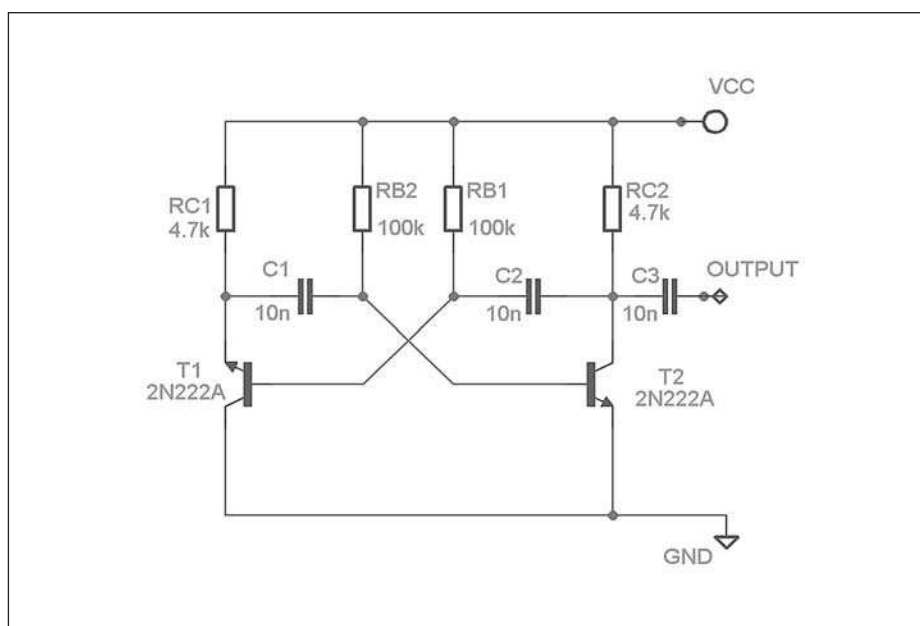



Figura 1: multivibratore astabile a transistor BJT.

strato in **figura 1**. I transistor utilizzati nello schema sono del tipo 2N2222A (transistor per impieghi generici di media potenza), tuttavia essi possono essere sostituiti da transistor NPN compatibili, come ad esempio il BC107/109 o anche transistor più veloci come il 2N708. Il circuito presenta una struttura simmetrica, con la presenza di due condensatori che collegano il collettore di ogni transistor con la base dell'altro. Proprio il condensatore, attraverso i suoi cicli di carica e scarica, permette la commutazione di stato dei due transistor, che passano ripetitivamente dallo stato di saturazione a quello di interdizione.

Il periodo T dell'onda rettangolare disponibile sul collettore del transistor T_2 è espresso dalla seguente formula:

$$T = 0{,}69 \times (R_{B2}C_1 + R_{B1}C_2)$$

Supponendo, come spesso avviene, che le resistenze di polarizzazione e i condensatori abbiano lo stesso valore ($R_{B2}=R_{B1}=R_B$ e $C_1=C_2=C$), si ottengono le seguenti formule per il periodo e per la frequenza:

$$T = 1{,}38 \times R_BC$$

$$f = 1/(1{,}38 \times R_BC)$$

Ad esempio, selezionando i seguenti valori:

$R_{B1} = R_{B2} = 100K$
$R_{C1} = R_{C2} = 4.7K$
$C_1 = C_2 = 10n$

si ottiene in uscita un'onda quadra con frequenza pari a circa 700 Hz e duty cycle pari al 50%. Occorre osservare come gli angoli dell'onda quadra prodotta siano leggermente smussati a causa del fenomeno di carica dei condensatori. I valori delle resistenze possono anche essere cambiati, però occorre tenere presente che il rapporto R_{B2}/R_{C1} (la stessa cosa vale simmetricamente per l'altro transistor) deve essere inferiore al guadagno del transistor (h_{FE}) affinchè il circuito possa oscillare. Il circuito può essere alimentato con una comune pila a 9 V, e l'uscita va prelevata sul collettore del transistor T_2 tramite un condensatore di disaccoppiamento da 10-100 n, come indicato in **figura 1**. Un'ulteriore applicazione di questo circuito prevede la realizzazione di un semplice ma altrettanto utile lampeggiatore a diodi LED. Collegando infatti sui rami su cui sono poste le due resistenze R_{C1} e R_{C2} due LED, meglio se a elevata luminosità, si ottiene un circuito in cui i LED si accendono e spengono in modo intermittente, proprio come gli indicatori di direzione di un'auto. Questo circuito può essere impiegato come segnalatore di emergenza, oppure indossato per essere meglio individuati quando si circola in bicicletta. In questo caso, i valori dei condensatori C_1, C_2, e delle resistenze R_{C1} e R_{C2} andranno modificati in modo tale da produrre un lampeggio della frequenza desiderata.

MULTIVIBRATORE ASTABILE CON AMPLIFICATORE OPERAZIONALE

Lo schema, visibile in **figura 2**, mostra una configurazione dell'amplificatore operazionale in veste di comparatore con una doppia retroazione: una sul ramo invertente dovuta alla presenza della resistenza R_f e del condensatore C, e l'altra sul ramo non invertente dovuta alla presenza del partitore di resistenze R_1, R_2. Poichè tuttavia il ramo invertente include un condensatore, mentre quello non invertente no, si crea un certo ritardo prima che il comparatore commuti lo stato della propria uscita, Di conseguenza, il circuito oscilla generando in uscita un'onda quadra periodica con duty cycle del 50%. Il periodo dell'onda quadra è espresso dalla seguente formula:

$$T = 2 \times R_f \times C \times \ln (1 + 2R_1/R_2)$$

L'alimentazione di questo circuito deve essere rigorosamente duale, producendo come risultato un'onda quadra con picchi di tensione sia positivi che negativi e perfettamente simmetrica rispetto all'asse orizzontale dei tempi. Nel caso non si disponesse di un alimentatore duale, si può costruirsene uno usando una coppia di integrati stabilizzatori della serie 78XX (per le tensioni positive) e 79XX (per le tensioni negative). Una valida ed economica alternativa all'alimentatore duale è quella di utilizzare una coppia di pile da 9 V collegate in serie: il polo comune rappresenterà il riferimento 0 V, mentre gli altri due il +9 V e il -9 V. Come amplificatore operazionale si può utilizzare lo "storico" 741, mentre per gli altri componenti si possono ad esempio usare i seguenti valori: $R_1 = R_2 = 100K$, $R_f = 10K$, $C = 0.1$ μ in modo tale da produrre un'onda quadra di frequenza pari a circa 500 Hz. L'alimentazione duale richiesta per il funzionamento di questo circuito potrebbe, in talune situazioni, diventare un vero e proprio "lusso", per ragioni sia di costi che

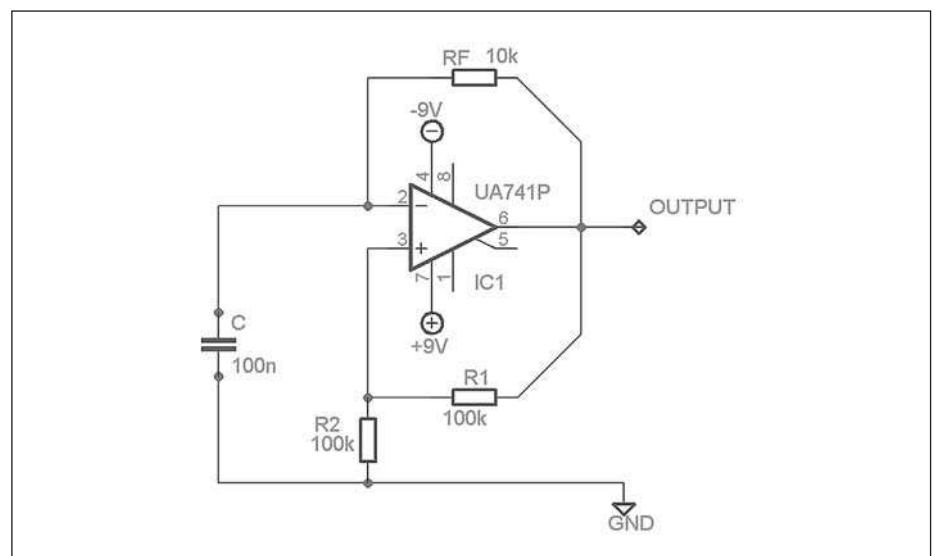



Figura 2: multivibratore astabile con amplificatore operazionale.

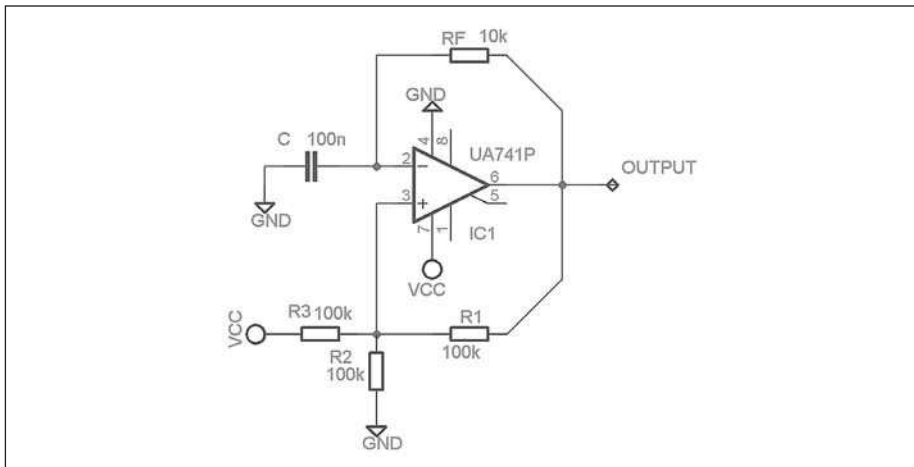



Figura 3: multivibratore astabile con operazionale e alimentazione singola.

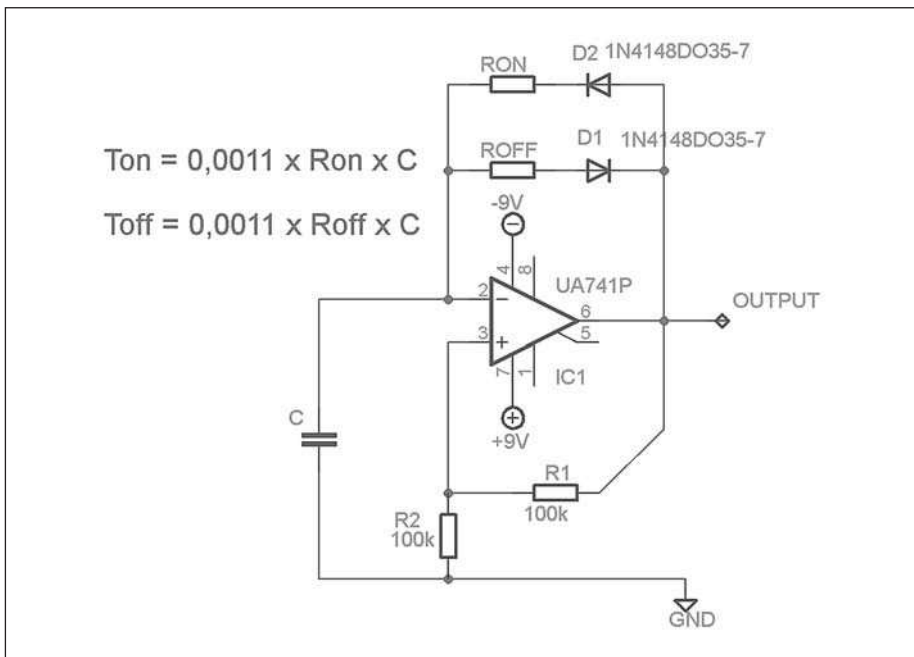



Figura 4: duty cycle variabile con alimentazione duale.

di praticità. Per venire incontro a questa esigenza, è possibile modificare il circuito originale di **figura 2** in modo tale da utilizzare soltanto un'alimentazione singola. Il circuito risultante è mostrato in **figura 3**, dove si nota che la principale variazione consiste nell'introduzione della resistenza addizionale R_3. Lo svantaggio di questo circuito è quello di produrre un'onda quadra con valori di tensione solo positivi, quindi meno adatta rispetto alla precedente per eseguire verifiche e analisi su circuiti in AC.

È inoltre possibile, sia nel caso di alimentazione duale che in quello di alimentazione singola, modificare i circuiti precedenti in modo tale da avere un duty cycle variabile, differenziando pertanto il periodo in cui l'onda quadra si trova allo stato ON da quello in cui si trova OFF. Gli schemi corrispondenti sono riportati in **figura 4** e **figura 5**, rispettivamente, dove sono anche riportate le formule per il calcolo dei periodi ON e OFF. Concludiamo infine il capitolo relativo agli amplificatori operazionali ricordando che è consigliabile, anche se non esplicitamente indicato negli schemi, collegare tra i piedini positivo e negativo dell'alimentazione e la massa un condensatore poliestere da 100000p al fine di evitare pericolose autoscillazioni (nel caso di alimentazione singola è sufficiente collegarlo al piedino positivo dell'alimentazione).

MULTIVIBRATORE ASTABILE CON PORTE LOGICHE

Per realizzare un multivibratore astabile mediante porte logiche è sufficiente realizzare un circuito come quello mostrato in **figura 6**, dove vengono utilizzate delle porte logiche di tipo NAND. Si supponga che inizialmente il condensatore C sia carico e che l'ingresso del primo inverter sia allo stato logico basso. Conseguentemente, l'ingresso del secondo inverter sarà allo stato logico alto e la sua uscita allo stato logico basso. Il condensatore C comincerà a questo punto a caricarsi tramite R_1, facendo crescere il potenziale trasferito all'ingresso del primo inverter da R_2. Quando questo potenziale supererà la tensione di soglia della porta, il suo stato logico commuterà, provocando anche la commutazione del secondo inverter che si porterà quindi allo stato logico alto. Questo stato però non è stabile in quanto il condensatore ha polarità opposta rispetto all'uscita del secondo inverter; esso pertanto comincerà a scaricarsi per poi dare inizio a un processo di ricarica nella direzione opposta. L'ingresso del primo invertitore si abbasserà progressivamente e, superato il valore di soglia, si avrà la commutazione con l'uscita che si porterà al valore logico alto. Il ciclo si ripete periodicamente generando all'uscita del secondo inverter un'onda quadra. Supponendo che la tensione di soglia delle porte logiche sia pari alla metà della tensione di alimentazione, si ottiene la seguente formula per il calcolo del periodo T:

$$T = 2 \times (\ln 3) \times R_1C = 2{,}2\ R_1C$$

Mentre la frequenza è espressa dalla seguente formula:

$$f = 1/2{,}2\ R_1C$$

Solitamente si sceglie per R_1 un valore molto superiore a R_2, al fine di limitare la corrente nel ramo di sinistra. In questo caso i semiperiodi ON e OFF dell'onda

quadra generata hanno praticamente lo stesso valore, pari quindi a 1,1 R_1C. Se invece a R_1 ed R_2 si assegnano valori simili, i due semiperiodi assumono valori differenti, e l'onda quadra non sarà più simmetrica.
Circuiti analoghi a quello di **figura 6** possono essere realizzati con porte logiche di tipo NOR (come ad esempio l'integrato 4001, un quadruplo NOR a 2 ingressi) oppure anche NOT (come ad esempio l'integrato 74C04). In **figura 7** è mostrata una figura estratta dal datasheet del componente 74HCU04 di Philips, un hex inverter (6 porte su un chip da 14 pin) realizzato in tecnologia CMOS Si-gate e caratterizzato da elevata velocità di commutazione. La figura mostra proprio una tipica applicazione dell'integrato come multivibratore astabile; si osservi la nota che consiglia di selezionare i valori delle resistenze in modo tale che R_S sia uguale a 2R in modo tale da produrre un'onda quadra simmetrica.

OSCILLATORE ASTABILE CON 555

Il 555, insieme al già citato 741, è senz'altro uno degli integrati maggiormente presenti nei progetti a scopo didattico, grazie al suo basso costo, alla semplicità di utilizzo, e alla facile reperibilità. Il 555 è un controllore molto stabile in grado di produrre degli accurati tempi di ritardo oppure delle onde quadre; è quindi in grado di funzionare sia come multivibratore monostabile che astabile. Nella prima modalità di funzionamento, la durata dell'impulso viene determinata dal valore di una resistenza e di un condensatore esterni, mentre nella seconda modalità di funzionamento la frequenza e il duty cycle dipendono entrambi da due resistenze e da un condensatore esterni. La durata del ritardo o del periodo dell'oscillazione può variare da alcuni nanosecondi fino a qualche ora, in funzione del valore dei componenti esterni utilizzati. Nel nostro caso siamo interessati al funzionamento del 555 come astabile, e pertanto faremo riferimento allo schema di **figura 8**, in cui sono necessarie le due resistenze esterne R_4 ed R_5 e il condensatore C.
Le formule che esprimono il periodo T, la frequenza f, e il duty cycle D sono le seguenti:

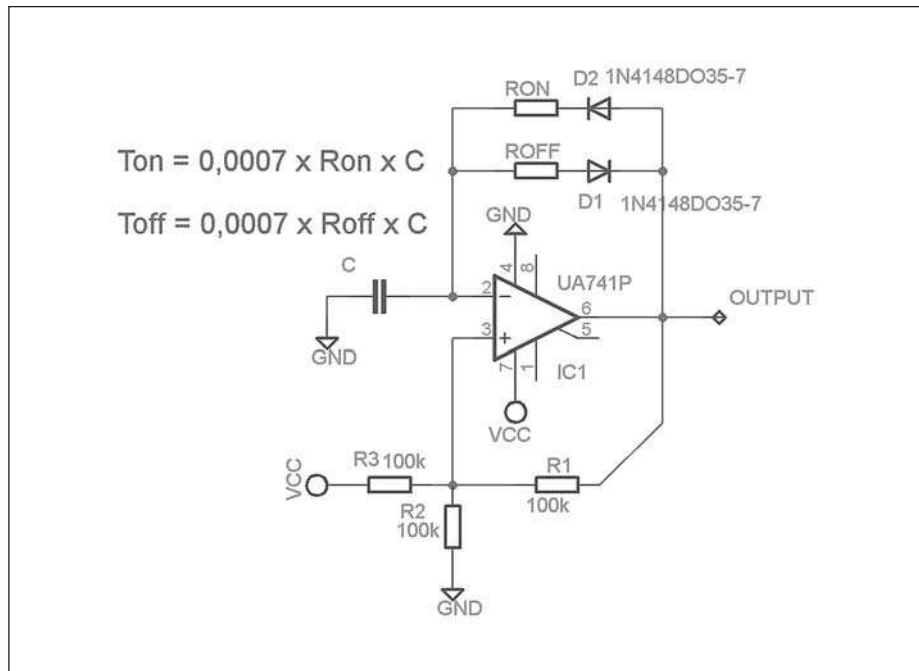



Figura 5: duty cycle variabile con alimentazione singola.

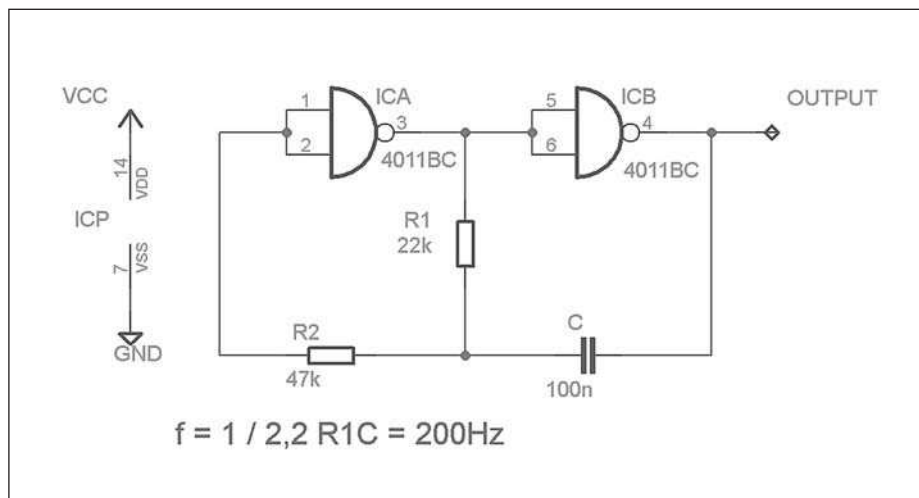



Figura 6: multivibratore astabile con porte NAND.

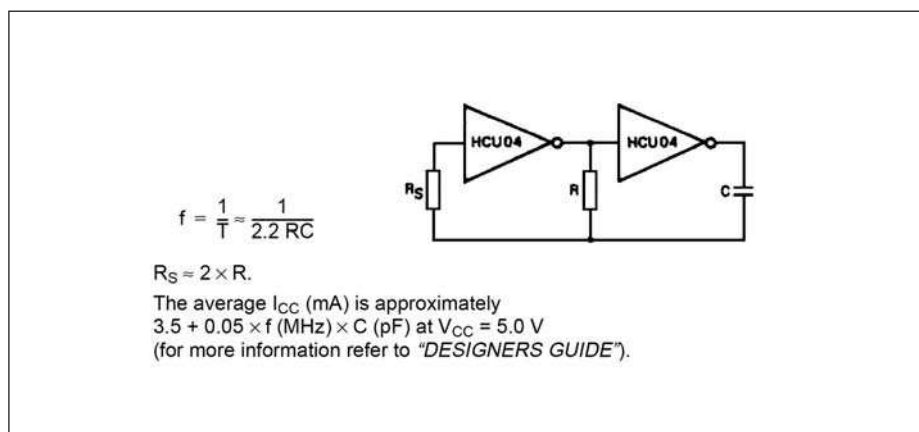



Figura 7: un'applicazione dell'integrato 7404.

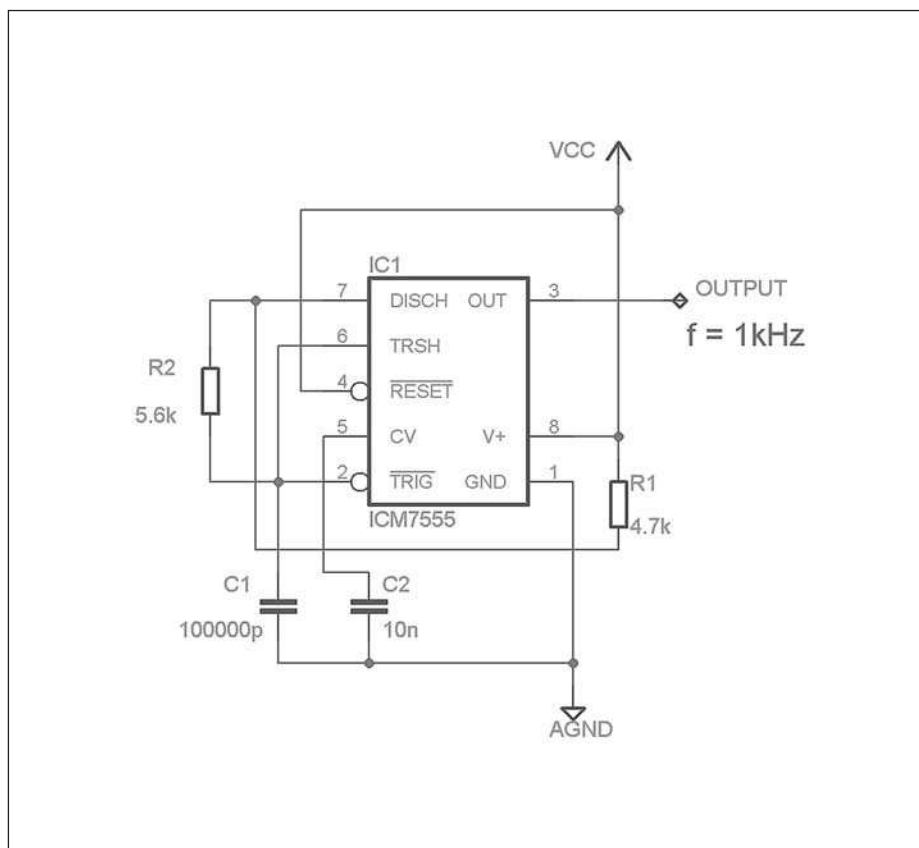



Figura 8: multivibratore astabile con il 555.

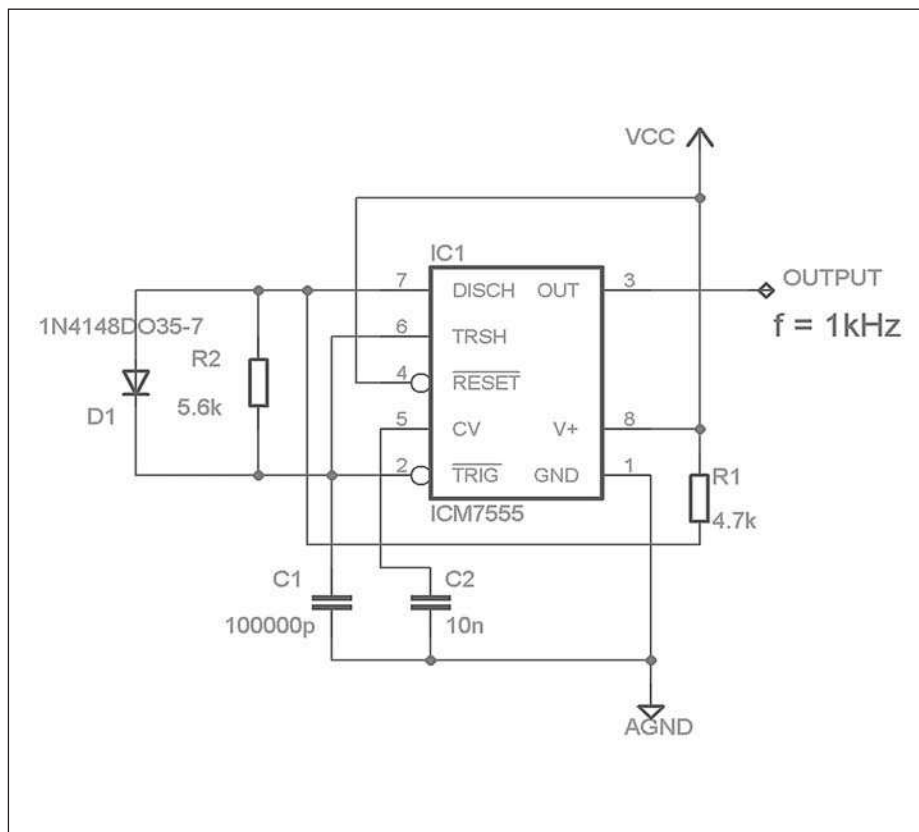



Figura 9: multivibratore astabile con 555 e duty cycle <= 50%.

$T = (\ln 2) \times C \times (R_1 + 2R_5) = 0,69 \times C \times (R_1 + 2 R_2)$

$f = 1/T = 1/(\ln 2) \times C \times (R_1 + 2 R_2) = 1,44/C \times (R_1 + 2 R_2)$

$D = R_2/R_1 + 2 R_2$

L'onda quadra risultante non è simmetrica, a causa della differenza di valori delle resistenze di carica e scarica del condensatore. Esiste tuttavia un espediente che consente di ottenere un'onda quadra periodica rettangolare con duty cycle uguale o anche inferiore al 50%: è sufficiente scegliere un valore di R_1 rispettivamente uguale o minore di R_2 e porre in parallelo a R_2 un diodo in modo tale che questa venga cortocircuitata durante il processo di carica del condensatore, come mostrato in **figura 9**. In tal caso il periodo T e la frequenza f sono espresse dalle seguenti formule:

$T = 1,38 \times C \times R_1$

$f = 1/1,38 \times C \times R_1$

OSCILLATORE AL QUARZO CON PORTE LOGICHE

È possibile realizzare degli oscillatori di precisione al quarzo utilizzando sia delle porte logiche TTL che CMOS. Tali oscillatori godono di un'elevata stabilità e possono pertanto essere impiegati anche come sorgente di clock per un microprocessore. Normalmente vengono utilizzati due circuiti tipici, detti circuito risonante serie e risonante parallelo, a seconda che la componente induttiva e capacitiva del cristallo di quarzo sia collegata in serie oppure in parallelo. In **figura 10** è mostrato un oscillatore di tipo serie con quarzo da 1 MHz, mentre in **figura 11** compare un oscillatore al quarzo di tipo risonante parallelo. Entrambi i circuiti sono concepiti per fare oscillare il quarzo sulla frequenza fondamentale. La **figura 12** è invece tratta ancora dal datasheet dell'inverter 74HCU04, nella quale viene suggerita anche l'applicazione dell'integrato in configurazione di oscillatore al quarzo.

GENERATORI DI FUNZIONE PROGRAMMABILI

Gli schemi proposti in questo articolo sono particolarmente semplici e adatti anche a chi sta muovendo i primi passi nel mondo dell'elettronica. Occorre tuttavia ri-

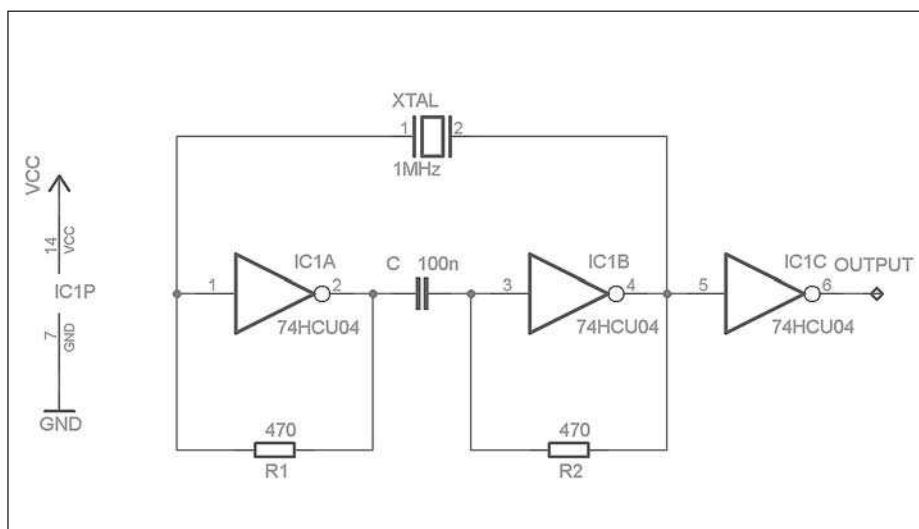



Figura 10: oscillatore al quarzo di tipo risonante serie.

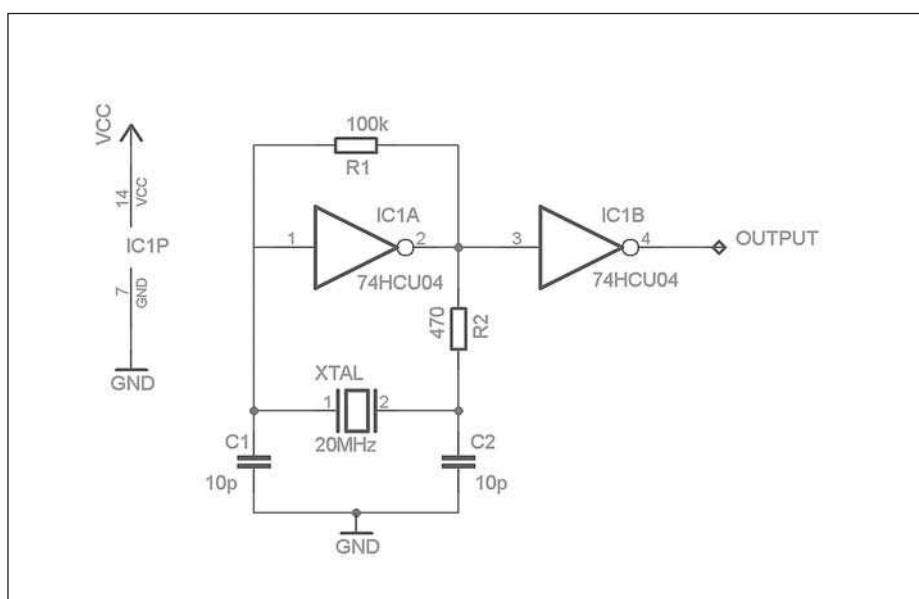



Figura 11: oscillatore al quarzo di tipo risonante parallelo.

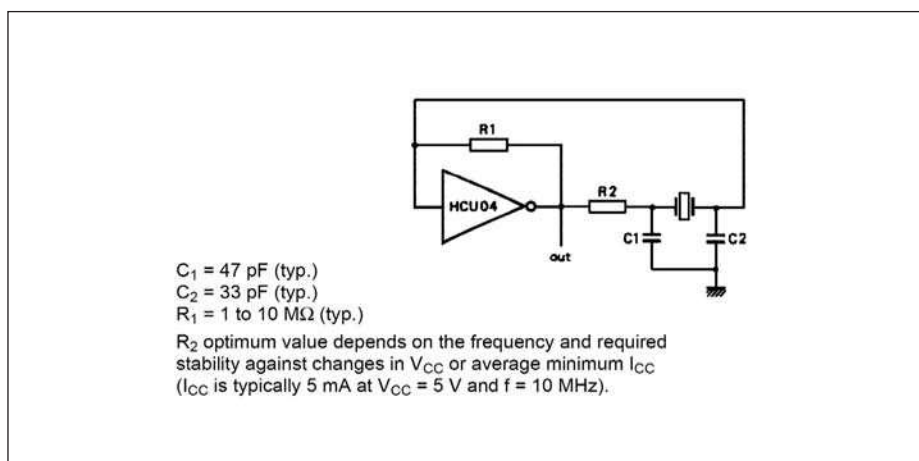



Figura 12: il 74HCU04 come oscillatore al quarzo.

cordare che in commercio esistono dei circuiti integrati di tipo custom espressamente progettati per generare vari tipi di forme d'onda, non soltanto quella rettangolare. Ne abbiamo selezionati alcuni, tra i più noti, di cui riportiamo brevemente le caratteristiche.

EXAR XR-205

Si tratta di un integrato monolitico a 18 pin in grado di generare le seguenti forme d'onda: rettangolare, sinusoidale, rampa, dente di sega, tutte modulabili sia in ampiezza che in frequenza. La frequenza massima raggiungibile è pari a 4 MHz, mentre il duty cycle può essere variato tra il 10% e il 90%. Il componente contiene al suo interno un oscillatore controllato in tensione (VCO) che genera la forma d'onda periodica di base, un modulatore bilanciato in grado di variare sia la fase che la modulazione, e infine un amplificatore tampone con la funzione di produrre un'uscita a bassa impedenza ed elevata corrente di pilotaggio.

INTERSIL ICL8038

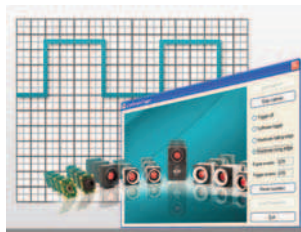
È un componente molto interessante ma ormai dichiarato obsoleto; lo citiamo comunque per chi avesse modo di procurarsene un esemplare presso qualche rivenditore o fiera del settore. L'integrato è in grado di generare contemporaneamente forme d'onda rettangolari, sinusoidali, e triangolari. La frequenza è regolabile da 0.001 Hz sino a 300 kHz, mentre il duty-cycle può variare tra il 2% e il 98%. La precisione è molto elevata, con un drift in temperatura pari a 250 ppm per ogni grado centigrado.

MAXIM MAX038

Questo integrato è un generatore di forme d'onda di elevata frequenza, in grado di produrre accurate onde rettangolari, sinusoidali, a dente di sega, e a impulsi, richiedendo un numero minimo di componenti esterni. Il range di frequenza è compreso tra 0.1 Hz e 20 MHz, mentre il duty cycle può essere variato tra il 15% e l'85%. ❑

CODICE MIP 2757009

MODALITÀ MASTER PER LE TELECAMERE USB UEYE®

Image S, azienda leader nel mercato italiano come fornitore di componenti per Image Processing destinati a diversi mercati (industriale, medicale e scientifico), propone un nuovo driver software, sviluppato da IDS Imaging Development Systems, che permette di utilizzare le telecamere USB in modalità master, in modo che la telecamera stessa possa controllare lo scambio di dati. La nuova modalità master offre una soluzione che elimina queste limitazioni del protocollo USB. Affidando il controllo del trasferimento dei dati dell'immagine alle telecamere collegate, si sfrutta al massimo la larghezza di banda della connessione USB 2.0 e si raggiungono frame rate molto elevati con un trigger esterno: la velocità in modalità trigger è infatti uguale a quella in modalità live, nella quale la telecamera trasferisce le immagini in continuo. In modalità AOI (Area of Interest), nella quale il sensore trasferisce solo una porzione specifica dell'immagine, le telecamere USB possono ora elaborare diverse centinaia di impulsi al secondo.

CODICE MIP 2773142

Nuovi oscilloscopi Infiniium serie 9000

Gli oscilloscopi sono gli strumenti primari utilizzati dai tecnici per collaudare e mettere a punto i circuiti elettronici e oggi chi progetta sistemi elettronici ha ancora più bisogno di funzionalità di misura diversificate per realizzare prodotti robusti in tempi brevi. Agilent Technologies ha ampliato la sua gamma di oscilloscopi a memoria digitale e oscilloscopi per segnali misti con due nuovi modelli più economici da 600 MHz della serie Infiniium 9000, tre nuovi pacchetti applicativi e la compatibilità GPIB. La Serie 9000 è la prima famiglia di oscilloscopi sul mercato a offrire una larghezza di banda da 600 MHz a 4 GHz, e comprende i primi oscilloscopi per segnali misti che supportano i bus standard MIPI e SATA.

CODICE MIP 2774093

DAC in package di dimensioni ridotte

Linear Technology Corporation presenta l'LTC®2636, una famiglia di convertitori digitali-analogici (DAC) a 12, 10 e 8 bit con riferimento di precisione integrato, offerti in package DFN e MSOP da 4 x 3 mm - i più piccoli convertitori D/A a otto ingressi attualmente disponibili sul mercato. L'interfaccia interna di piccole dimensioni dell'LTC2636 è ideale per una vasta gamma di applicazioni industriali e di telecomunicazione. Le reti ottiche richiedono più DAC in un unico package compatto. Questi convertitori analogico-digitali sono progettati appositamente per alimentare gli attenuatori ottici o impostare i livelli correnti per i diodi laser. Integrando un riferimento da 10ppm/°C, l'LTC2636 offre un ingombro ridotto per schede di rete ottiche in applicazioni con problemi di spazio. I DAC LTC2636 sono disponibili in più versioni per soddisfare le esigenze di un'ampia gamma di applicazioni.

CODICE MIP 2774194

Lezioni di VHDL *(parte settima)*

SILICORE SLC1657

Nella settima parte di questo corso proponiamo un esempio più complesso, ma allo stesso tempo interessante: la realizzazione di un microcontrollore RISC a 8 bit, compatibile con la serie PIC della Microchip Technology Inc

L'esempio che presentiamo in questo numero è, idealmente, la prosecuzione di quello del mese precedente. Nello scorso numero avevamo affrontato la realizzazione di un microcomputer a scopo didattico, chiamato semplicemente "microcomputer". Il caso studio di questo mese è finalizzato alla realizzazione di un microcontrollore in VHDL pensato appositamente per il settore embedded.
Eravamo partiti con l'idea di proporre una soluzione originale, ma poi è sopraggiunto un aspetto più concreto. Non occorre una soluzione originale, ma semmai un oggetto, ben documentato e strutturato, da utilizzare senza problemi nel nostro corso sul linguaggio VHDL. Per questa ragione, invece di pensare a qualcosa di nuovo, volevamo capire le proposte presenti, in campo industriale o accademico, e in che modo potevano soddisfare le nostre aspettative. Il nostro obiettivo era quello di ottenere un core con le seguenti caratteristiche: libero da costi, usabile (nel senso che deve essere facilmente integrabile nelle realizzazioni didattiche o meno), con il codice VHDL ben strutturato e commentato, e infine, provvisto di tool software gratuiti. Dopo diverse ricerche la nostra scelta è caduta su Silicore SLC1657.
Silicore è una società americana che ha realizzato diverse soluzioni IP tra cui il modello SLC1657, un microcontrollore a 8 bit compatibile PIC. Il microcontrollore è diffuso da Silicore secondo la solita licenza GNU (LGPL, lesser GPL). Per questa ragione, il core può essere modificato e utilizzato secondo i termini imposti dalla licenza senza attribuire royalty a Silicore Corporation. La compatibilità del core alla tecnologia PIC assicura la disponibilità di strumenti di lavoro facilmente reperibili e gratuiti. Il Silicore SLC1657, infine, è stato realizzato interamente in VHDL, in questo modo diventa estremamente fattibile il suo uso in ambito FPGA o ASIC.
Il core SLC1657 dispone di diverse caratteristiche tecniche che lo rendono sicuramente interessante in diverse applicazioni; inoltre, dispone di 32 istruzioni che sono eseguite in un solo ciclo di clock, eccetto le istruzioni di cambio flusso (branch) che, al contrario, ne ri-

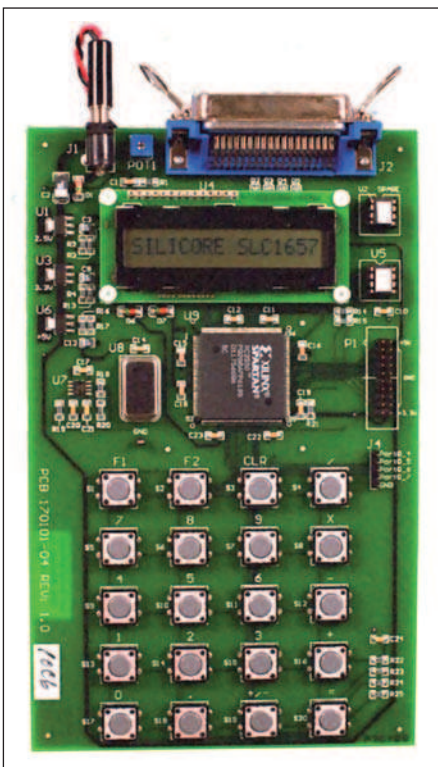



Figura 1: Silicore con Xilinx.

LISTATO 1 Timer/Counter Register

```
entity TIMRCNTR is

    port(
            ASGN:           in  std_logic;
            ALU:            in  std_logic_vector( 7 downto 0 );
            CETMR:          in  std_logic;
            MCLK:           in  std_logic;
            MCLK_4:         in  std_logic;
            MCLK_16:        in  std_logic;
            MRESET:         in  std_logic;
            PS:             in  std_logic_vector( 2 downto 0 );
            RWT:            in  std_logic;
            TCS:            in  std_logic;
            TEST:           in  std_logic;
            TMR:            out std_logic_vector( 7 downto 0 );
            TMRCLK:         in  std_logic;
            TSE:            in  std_logic;
            WDT:            in  std_logic;
            WRESET:         out std_logic
        );

end entity TIMRCNTR;
```

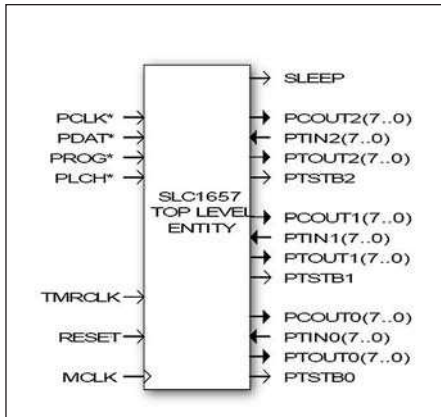



Figura 2: SLC1657 Top Level.

Bit n°	Mnemonic	Description
D7	-	Unused/riserve /set to zero)
D6	IB1	Instruction bank select bit 1
D5	IB0	Instruction bank select bit 0
D4	TO	Timeout (read only): 1: after power-up reset, RWT or PWRDN instruction 0: After a watchdog timeout
D3	PD	Power-down (read only) 1: After power-up reset or RWT instruction 0: After a PWRDN instruction
D2	Z	Zero bit (read/write) 1: Result of the operation is zero 0: Result of the operation is non-zero
D1	NC	Nibble-carry bit (read/write) 1: ADD – carry from bit D3 did occur SUB – borrow to bit D3 did not occur 0: ADD – carry from bit D3 did not occur SUB - borrow to bit D3 did occur
D0	C	Carry bit (read/write) 1: ADD –carry from bit D7 did occur SUB – borrow to bit D7 did not occur ROL/R: '1' shifted from D7/D0 respectively 0: ADD – carry from bit D3 did not occur SUB – borrow to bit D3 did occur ROL/R – '0' shifetd from D7/D0 respectively

Figura 3: Status Register.

chiedono due. Il componente SLC1657 è un microcontrollore con architettura RISC, Reduced Instruction Set Computer. In ragione di questo, la maggioranza della logica di controllo è integrata nell'istruzione stessa. In questo modo si elimina gran parte della logica di decodifica richiesta da un'architettura CISC. L'architettura interna del microcontrollore è di tipo Harvard, istruzioni e dati utilizzano bus separati. Infine, il Silicore SLC1657 dispone di 24 ingressi e 48 linee di I/O.
Il componente SLC1657 permette l'uso di emulation ROM, implementata come un'entity VHDL opzionale, utilizzata per lo sviluppo del software applicativo e utilizza uno schema di indirizzamento di tipo segmentato: in base al valore contenuto nel registro di stato è possibile selezionare uno dei quattro banchi di memoria, e la selezione è permessa attraverso due bit (IB0 e IB1). La **figura 1** pone in evidenza il Silicore SLC1657 con EVB Xilinx. Il core dispone di un timer/counter register.
Il **listato 1** mostra l'entity VHDL di questo registro. Il codice completo VHDL comprende un contatore e un prescaler programmabile a 8 bit. Il segnale di ingresso del modulo timer/counter può essere, in alternativa, il clock interno MCLK/4 o uno esterno dal pin TMRCLK.
Il Silicore gestisce anche un watchdog timer. Una volta abilitato il watchdog, risulta necessario utilizzare l'istruzione software SWT, prima dello scadere del suo periodo, per evitare il reset del micro.
Il microcontrollore utilizza anche una par-

TABELLA 1 - SLC1657: DESCRIZIONE DEI SEGNALI ESTERNI

NOME DEL SEGNALE	INPUT (I) OUTPUT (O)	DESCRIZIONE DEI SEGNALI
MLCK	I	Microcontroller Master clock
/PCLK	I	Program clock, emulation ROM (optional). Attivo basso. Sincronizza il /PDAT quando si utilizza un'emulation ROM
PCOUT0-2 (7..0)	O	Port Control Output. L'accesso è permesso attraverso i registri di controllo PCx utilizzando l'istruzione MOVP
/PDAT	I	Program data pin, emulation. Segnale attivo basso. È un segnale opzionale usato insieme alla funzionalità di emulation ROM
/PLCH	I	Program latch/emulation ROM (optional). Il segnale è utilizzato per fare il latch dei dati nell'emulation ROM. Attivo basso
/PROG	I	Program enable / emulation ROM (optional). Quando è asserito mette il core in emulation ROM mode. Attivo basso
PTIN0-2 (7..0)	I	I/O PORT input. Le porte di ingresso sono accessibili attraverso la lettura dei rispettivi registri PORT0,1,2, localizzati agli indirizzi 0x05, 0x06, 0x07
PTOUT0-2 (7..0)	O	I/O PORT output. Le porte di output sono accessibili scrivendo verso i registri PORTx localizzati all'indirizzo 0x05, 0x06, 0x07
PTSTB0-2	O	Port output strobe. Sono utilizzati per informare a "entità" esterne che sono presenti dati nuovo alle porte PTOUTx(7..0)
RESET	I	Reset (external). Utilizzato per mettere in reset il Silicore. Il segnale deve essere asserito per almeno due cicli MCLK
SLEEP	O	Power-down/sleep mode. Quando il segnale è attivo si indica che il core è stato messo in modalità power-down

TO	PD	Reset type
0	0	Watchdog reset (from PWRDN)
0	1	Watchdog reset (non-PWRDN)
1	0	External reset (from PWRDN)
1	1	Power-up or other reset or PRESET

Figura 4: registro di stato, bit TO e PD.

ticolare modalità di funzionamento, chiamata power-down. Può essere utilizzata quando si impiega una batteria come sorgente di alimentazione. Il software garantisce questa funzionalità attraverso l'istruzione PWRDN.
Le operazioni di I/O sono gestite attraverso un'interfaccia con 24 ingressi, 48 uscite e tre write strobe. Il componente garantisce la programmabilità delle linee. Il core SLC1657 è organizzato come un insieme di entity VHDL. In cima esiste l'entity toplogic, si veda il **listato 2**, utilizzata per "legare" tra loro le diverse entity presenti nel progetto.

ARCHITETTURA ESTERNA

La **figura 2** mostra il diagramma a blocchi dell'architettura esterna del Silicore SLC1657. Il listato 2, il cui file completo è scaricabile dal sito della rivista, contiene tutti i moduli di controllo (decoder, registri) utilizzati dal dispositivo. La relazione che esiste tra il **listato 2** con le altre entità del sistema formano completamente il microcontrollore con tutti i suoi elementi.
Le descrizioni delle memorie, ROM e RAM, non sono incluse in toplogic (anche perché il processo di sintesi standard non gestisce correttamente queste funzionalità), ma sono forniti dal vendor dell'FPGA o dell'ASIC come standard cells. Ad ogni modo, è possibile scegliere tra due tipi di ROM: emulation o embedded. Separare gli elementi RAM e ROM facilita le attività di test, in soprattutto nelle applicazioni ASIC. Inoltre, anche gli elementi di I/O sono forniti, separatamente. In questo modo, diventa possibile utilizzare le linee in una molteplice varietà. Ad esempio, alcune applicazioni possono richiedere che alcune linee debbano essere unidirezionali, altre bidirezionali o, ancora, possono richiedere la configurazione three-state per alcuni pin. I segnali esterni del core sono mostrati nella **tabella 1**.
Il segnale MCLK sincronizza tutte le attività interne del core. La sua frequenza dipende dal target in uso (FPGA o ASIC) e il suo valore deve essere valutato duran-

LISTATO 2 Top Level

```
————————————————————————————————————
— Load the IEEE 1164 library and make it visible.
————————————————————————————————————

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;


————————————————————————————————————
— Entity declaration.
————————————————————————————————————

entity TOPLOGIC is

    port (
            EADR:          out std_logic_vector(  6 downto 0 );
            EALU:          out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            EMCLK_16:      out std_logic;
            EPRC:          out std_logic_vector( 10 downto 0 );
            EWERAM:        out std_logic;
            GP:            in  std_logic_vector(  7 downto 0 );
            MCLK:          in  std_logic;
            PCOUT0:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PCOUT1:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PCOUT2:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTIN0:         in  std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTIN1:         in  std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTIN2:         in  std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTOUT0:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTOUT1:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTOUT2:        out std_logic_vector(  7 downto 0 );
            PTSTB0:        out std_logic;
            PTSTB1:        out std_logic;
            PTSTB2:        out std_logic;
            PRESET:        in  std_logic;
            RESET:         in  std_logic;
            ROM:           in  std_logic_vector( 11 downto 0 );
            SLEEP:         out std_logic;
            TESTIN:        in  std_logic;
            TMRCLK:        in  std_logic
        );
end entity TOPLOGIC;
```

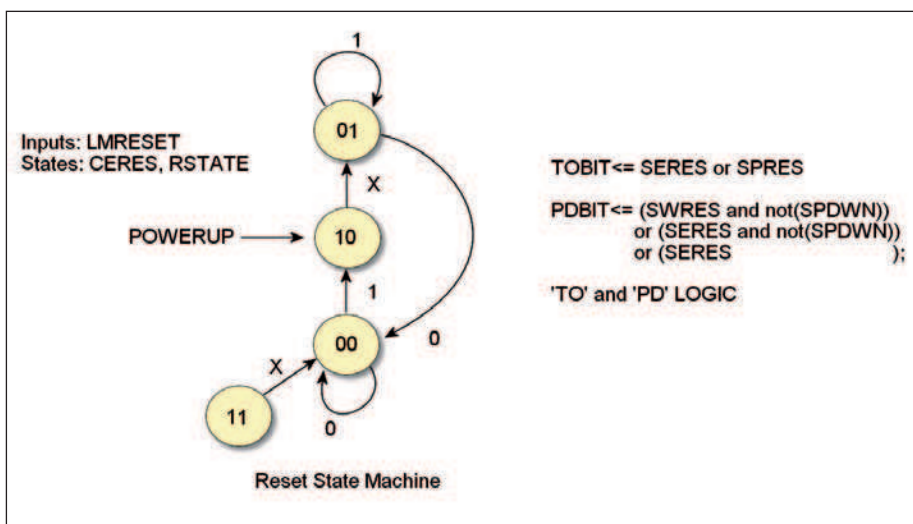



Figura 5: macchina a stati del reset.

LISTATO 3 - Registro di stato

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

– Entity declaration.

entity STATSREG is
    port(
            ALU:    in  std_logic_vector( 7 downto 0 );
            CESTA:  in  std_logic;
            CIN:    out std_logic;
            MCLK:   in  std_logic;
            MRESET: in  std_logic;
            PDBIT:  in  std_logic;
            STA:    in  std_logic_vector( 5 downto 0 );
            STR:    out std_logic_vector( 7 downto 0 );
            TOBIT:  in  std_logic
        );
end entity STATSREG;

– Architecture definition.

architecture STATSREG1 of STATSREG IS
    signal  LSTR:   std_logic_vector( 7 downto 0 );
begin

    – Unused bit, D7

    LSTR( 7 ) <= '0';

    – IB0 and IB1, bits D5 and D6.

    IB_BITS: process( MCLK )
    begin
        if( rising_edge( MCLK ) ) then
            if( MRESET = '1' ) then
                LSTR( 6 downto 5 ) <= B"00";
            elsif( CESTA = '1' ) then
                LSTR( 6 downto 5 ) <= ALU( 6 downto 5 );
            else
                LSTR( 6 downto 5 ) <= LSTR( 6 downto 5 );
            end if;
        end if;
    end process IB_BITS;

    – PD and TO, bits D3 and D4.

    – Definition of the STA( 6 downto 0 ) bus from the ALU:
    –
    –       STA(0):     Carry bit (C).
    –       STA(1):     Carry bit (C) clock enable.
    –       STA(2):     Nibble Carry bit (NC).
    –       STA(3):     Nibble Carry bit (NC) clock enable.
    –       STA(4):     Zero bit (Z).
    –       STA(5):     Zero bit (Z) clock enable.
    –       STA(6):     Bit test.
    –

    MISC_BITS: process( PDBIT, TOBIT )
    begin

        – 'TO' bit D4.

        LSTR(4) <= TOBIT;

        – 'PD' bit D3.

        LSTR(3) <= PDBIT;
    end process MISC_BITS;

    – Zero bit D2.

    ZERO_BIT: process( MCLK )
    begin
        if( rising_edge( MCLK ) ) then
            LSTR(2) <= (     STA(5)  and     STA(4)               )
                    or ( not(STA(5)) and     CESTA  and  ALU(2) )
                    or ( not(STA(5)) and not(CESTA) and LSTR(2) );
        end if;
    end process ZERO_BIT;

    – Nibble Carry bit D1.

    NIBBLE_CARRY_BIT: process( MCLK )
    begin
        if( rising_edge( MCLK ) ) then
            LSTR(1) <= (     STA(3)  and     STA(2)               )
                    or ( not(STA(3)) and     CESTA  and  ALU(1) )
                    or ( not(STA(3)) and not(CESTA) and LSTR(1) );
        end if;
    end process NIBBLE_CARRY_BIT;

    – Carry bit D0.

    CARRY_BIT: process( MCLK )
    begin
        if( rising_edge( MCLK ) ) then
            LSTR(0) <= (     STA(1)  and     STA(0)               )
                    or ( not(STA(1)) and     CESTA  and  ALU(0) )
                    or ( not(STA(1)) and not(CESTA) and LSTR(0) );
        end if;
    end process CARRY_BIT;

    – Make local signals visible outside the module.

    MAKE_VISIBLE: process( LSTR )
    begin
        CIN <= LSTR(0);
        STR( 7 downto 0 ) <= LSTR( 7 downto 0 );

    end process MAKE_VISIBLE;

end architecture STATSREG1;
```

TABELLA 2 - INTERNAL REGISTER SET

REGISTER	ADDRESS	R/W ACCESS
ACCUM	Implicit	R/W
PC0	Implicit	W
PC1	Implicit	W
PC2	Implicit	W
TCO	Implicit	W
STACK1	Implicit	R/W
STACK2	Implicit	R/W
INDIRECT	0x00	R/W
TIMRCNTR	0x01	R/W
PROGCNTR	0x02	R/W
STATUS	0x03	R/W
INDEX	0x04	R/W
PORT0	0x05	R/W
PORT1	0x06	R/W
PORT2	0x07	R/W
SHARED, GEN PURPOSE	0x08 - 0x7F	R/W
BANKED, GEN. PURPOSE	0x10 - 0x1F	R/W
BANKED, GEN. PURPOSE	0x30 - 0x3F	R/W

te la sintesi. Il duty cycle non è particolarmente importante: si può ritenere che un valore di 60/40 di duty cycle può essere considerato adeguato. Il segnale TMRCLK è il segnale esterno per il timer/counter. Il segnale può operare in modalità sincrona o asincrona (in relazione con il pin MCLK). Quando si lavora con modalità asincrona, il periodo del segnale TMRCLK eccede il periodo di MCLK. Questo significa che la frequenza massima del segnale in ingresso deve essere a un valore minore pari alla metà di MCLK. In modalità sincrona, il segnale TMRCLK è campionato a ogni fronte di salita di MCLK. In questo caso, l'utente deve imporre delle restrizioni al progetto.

ARCHITETTURA INTERNA

Il core dispone di diversi registri interni, così come messo in evidenza in **tabella 2**. L'architettura prevede quattro differenti tipologie: implicit, special purpose, shared general purpose e banked general purpose. Il registro accumulatore (ACCUM), port control (PC0-2), timer/counter optional control register (TCO) e il registro di stack (STACK1-2) sono compresi nel gruppo degli implicit register. Il registro che gestisce lo stack è definito nell'entity "PROGCNTR".

Lo stack register è utilizzato per conservare e ottenere l'indirizzo di ritorno durante le istruzioni di salto verso una subroutine (BSR) o un'operazione di ritorno (RET). Il core gestisce due livelli di stack.
La classe dei registri chiamata Special Purpose Register (da 0x00 a 0x07) è utilizzata per funzioni dedicate. Per esempio, la lettura del registro alla locazione 0x01 restituisce il valore corrente del contenuto del registro TIMRCNTR. Invece, i registri della classe General Purpose Register sono indirizzabili a bit e possono essere utilizzati come una RAM. Questa classe è divisa in due famiglie: shared e banked. Sono presenti otto shared general purpose register, da 0x08 a 0x0F. Il registro INDEX è utilizzato per accedere a questi registri.
Ci sono, poi, quattro gruppi di banked general purpose register, da 0x010 a 0x1F. Il gruppo, o il banco, è selezionato per mezzo dei bit RB1 e RB0 del registro di stato (STATUS). La **tabella 3** mostra le istruzioni permesse. La **figura 3** e la **figura 4** mostrano il contenuto del registro di stato. Il registro di stato (status register) è utilizzato per monitorare le attività correnti, gestire i banchi di memoria e lo stato del power up. Tutti i bit del registro sono accessibili in lettura e scrittura, eccetto per i bit TO e TD che garantisco l'accesso solo in lettura. Dalla **figura 3** è possibile notare che i bit D5 e D6 gestiscono la selezione delle istruzioni di banco. Normalmente i bit D0, D1 3 D2 sono scritti direttamente dall'unità aritmetica e logica (ALU), ma può essere possibile anche modificare direttamente i valori. Ad ogni modo, le operazioni svolte dall'ALU hanno la precedenza. L'implementazione in VHDL nel registro di stato è mostrata nel **listato 3**. Un aspetto da non sottovalutare sono le operazioni di reset, la **figura 5** mostra la sua macchina a stati. Il modulo VHDL che si occupa di questa funzione è mostrato nel **listato 4**. Il modulo fornisce due funzioni: il reset del core e la gestione dei bit TO (timeout) e PD (power-down).
Esistono tre sorgenti che possono generare un reset del microcontrollore (MRESET). Questi sono un external reset (RESET), watchdog reset (WRESET) e il ROM emulation reset (PRESET). Ognuno di questi segnali deve essere asserito per al-

LISTATO 4 Gestione reset

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

____________________________________
– Port definition.
____________________________________

entity RESETGEN is

    port(
            CLK:        in  std_logic;
            MRESET:     out std_logic;
            PDBIT:      out std_logic;
            PRESET:     in  std_logic;
            PWRDN:      in  std_logic;
            RESET:      in  std_logic;
            RWT:        in  std_logic;
            TEST:       in  std_logic;
            TOBIT:      out std_logic;
            WRESET:     in  std_logic
         );

end RESETGEN;

____________________________________
– Architecture definition.
____________________________________

architecture RESETGEN1 of RESETGEN is

    signal  CPRESET: std_logic;
    signal  CRESET:  std_logic;
    signal  CWRESET: std_logic;
    signal  CERES:   std_logic;
    signal  LMRESET: std_logic;
    signal  POWERUP: std_logic_vector( 3 downto 0 );
    signal  RSTATE:  std_logic;
    signal  SERES:   std_logic;
    signal  SPRES:   std_logic;
    signal  SWRES:   std_logic;
    signal  SPDWN:   std_logic;

begin

    ____________________________________
    – Clocked flip-flops.
    ____________________________________

    RESET_FLOPS: process( CLK )
    begin

        if( rising_edge( CLK ) ) then

            ______________________________
            – Power-up bits.  This bits form a four-bit shift
            – register.  It is assumed that all four bits will
power
            – up at logic state '0'.  After four clock edges the
            – output goes to logic state '1'.
            ______________________________

            POWERUP(0) <= not(TEST);
            POWERUP(1) <= POWERUP(0);
            POWERUP(2) <= POWERUP(1);
            POWERUP(3) <= POWERUP(2);

            ______________________________
            – Synchronize the RESET, PRESET and WRESET signals.
            ______________________________
```

segue a pag. 83

```
            CRESET  <= RESET or not(POWERUP(3));
            CPRESET <= PRESET;
            CWRESET <= WRESET;

            ------------------------------
            -- Reset state, state machine.  This machine gener-
ates a clock
            -- enable pulse [CERES] to latch the source of the
            -- external reset.
            ------------------------------

            CERES  <= ( LMRESET and not(CERES) and not(RSTATE)
)
                                  or  (  not(  POWERUP(3)  )
);

            RSTATE <= ( LMRESET and not(CERES) and     RSTATE
and
                                  POWERUP(3) )
                   or (CERES  and not(RSTATE) and POWERUP(3) );

            ------------------------------
            -- Clock the master reset and send it out.
            ------------------------------

            MRESET  <= LMRESET;

            ------------------------------
            -- Reset source latches.
            ------------------------------

            if( (CERES = '1') or (RWT = '1') ) then
                SERES <= CRESET or RWT;
                SPRES <= CPRESET;
                SWRES <= CWRESET;
                SPDWN <= PWRDN;
            end if;

        end if;

    end process RESET_FLOPS;

    ----------------------------------
    -- Create 'MRESET'.
    ----------------------------------

    LMRESET <= CRESET or CPRESET or CWRESET or not(POWERUP(3));

    ----------------------------------
    -- Generate the 'TO' bit.
    ----------------------------------

    TOBIT <= SERES or SPRES;

    ----------------------------------
    -- Generate the 'PD' bit.
    ----------------------------------

    PDBIT <= ( SWRES and not(SPDWN) )
          or ( SERES and not(SPDWN) )
          or ( SPRES                );

end architecture RESETGEN1;
```

TABELLA 3 - INSTRUCTION SET SUMMARY

MNEMONIC	OPERAND	DESCRIPTION
ADD	R,D	ADD register and ACCUM
AND	R,D	AND register with ACCUM
ANDI	V	AND immediate with ACCUM
BCLR	R,B	Clear register bit
BRA	V	Branch
BSET	R,B	Set Register Bit
BSR	V	Branch to subroutine
BTSC	R,B	Test bit and skip if clear
BTSS	R,B	Test bit and skip if set
CLR	R,D	Clear register or ACCUM
DEC	R,D	Decrement register
DECSZ	R,D	Dec. register, skip if zero
INC	R,D	Increment register
INCSZ	R,D	Inc. register, skip if zero
MOV	R,D	Move register
MOVA	R,D	Move ACCUM to register
MOVI	V	Move immediate to ACCUM
MOVP	-	Move ACCUM to PC0-2
MOVT	-	Move ACCUM to TCO
NOP	-	No operation
NOT	R,D	NOT register
OR	R,D	OR register with ACCUM
ORI	V	OR immediate with ACCUM
PWRDN	-	Power-down
RET	V	Return from subroutine
ROL	R,D	Rotate register left
ROR	R,D	Rotate register right
RWT	-	Reset watchdog timer
SUB	R,D	Subtract ACCUM from register

meno un ciclo di clock (MCLK). Il **listato 4** fornisce un power-up reset. Il bit 'TO' è asserito ogni volta che accade un power-up o un external reset, RESET o PRESET, dopo una istruzione PWRDN. Il bit 'PD', invece, è asserito ogni volta che si solleva un power-up o un non-PWRDN watchdog reset, RESET o WRESET. È possibile leggere lo stato dei TO e PD utilizzando il registro di stato. ❑

CODICE MIP 2757021

di GRAZIA ANCONA

(parte terza)

INTRODUZIONE AL VOIP

In questa puntata entreremo nel vivo dei sistemi VoIP descrivendo la suite protocollare H323 che rappresenta, al momento, una delle possibili scelte nell'implementazione di una infrastruttura di voce su IP

Lo standard H323 è la raccomandazione ITU (International Telecommunication Union) destinata a fornire un completo supporto comunicativo per sistemi multimediali (voce, audio e dati) che operano su reti a commutazione di pacchetto ove non è garantita a priori la qualità del servizio (ad esempio Internet). Sviluppato con una filosofia derivante dal mondo delle telecomunicazioni tradizionali (reti PSTN), l'H323 è stato il primo standard, in ordine cronologico, a occuparsi della trasmissione di dati in real-time ed è tuttora molto usato per alcune circostanze che vale la pena di conoscere. La prima è che l'ente proponente, ovvero l'ITU, è una diretta emanazione dell'Agenzia delle Nazioni Unite. In termini politici ed economici questo patrocinio comporta, come possiamo ben immaginare, ampie "facilitazioni". Come seconda causa vi è l'inerzia, peraltro comprensibilissima, di chi ha investito tempo e risorse nell'apprendere e implementare questo protocollo. Il terzo motivo è che, a tutt'oggi e finché non ci saranno radicali cambiamenti nelle infrastrutture di rete, questa raccomandazione svolge il suo lavoro in maniera soddisfacente. Insomma, è "invecchiata" bene! A proposito di vecchiaia c'è da dire che la prima versione dell'H323 fu rilasciata nel lontano (in termini informatici) 1996. La versione 2, destinata a correggere alcune problematiche "infantili", fu prodotta nel 1998 e attualmente ci troviamo alla sesta versione che, per l'appunto, è stata rilasciata nel 2006. Le ultime versioni di questo protocollo presentano migliorie soprattutto nel delicato campo della sicurezza dei dati. Ogni prodotto VoIP equipaggiato per rispondere a questo standard dovrebbe riportare la versione a cui è conforme, tuttavia, per non "stressare" troppo i progettisti di reti, tutte le versioni sono teoricamente compatibili (performance a parte).

Figura 1: suite protocollare H323 all'interno dello stack ISO-OSI.

CARATTERISTICHE DELLA SUITE H323

Il progetto H323 aveva la finalità di trovare un soluzione per la gestione di traffico in real-time (audio e video) su reti non espressamente progettate per questa esigenza. Naturalmente l'obiettivo era sfruttare protocolli già in uso e quindi ampiamente collaudati. In **figura 1** possiamo vedere nel dettaglio come la suite H323 si pone all'interno dello stack ISO-OSI, ampiamente trattato nelle scorse puntate (i protocolli che più direttamente compongono lo standard H323 sono negli spazi colorati in giallo).
Osservando la **figura 1** appare evidente come la raccomandazione H323 operi su più layer e, dallo strato di rete in poi, vi sia una divisione logica fra dati relativi a segnalazioni e i dati provenienti dal campionamento vocale vero e proprio. Con la parola "segnalazioni" si intendono tutti quei dati destinati a fornire, a vari livelli, le informazioni assolutamente necessarie per stabilire, condurre e quindi chiudere, una comunicazione vocale fra due utenti. L'importanza delle segnalazioni rende critico il protocollo di trasporto scelto, non più "l'inaffidabile UDP" ma il più sicuro e affidabile TCP. Infatti è possibile perdere qualche secondo di conversazione senza pregiu-

Figura 2: componenti presenti nello standard H323.

dicare troppo la comunicazione, ma cosa succederebbe, ad esempio, se il telefono del chiamato non squillasse? Ritorneremo in seguito sulla funzione specifica di alcuni protocolli presenti nella **figura 1**. La suite H323 definisce inoltre delle entità hardware, assolutamente standard per reti VoIP basate su questa raccomandazione. Ogni soggetto possiede un proprio compito e precise caratteristiche; in **figura 2** possiamo avere un'idea di questi elementi.
Ciascuna entità hardware, che in questo tipo di architettura è chiamata anche end-point, deve necessariamente possedere un indirizzo univoco sul layer di rete (indirizzo IP). Insieme a quest'ultimo dovrà possedere anche altre due tipologie di identificatori: un indirizzo TSAP (Transport layer Service Access Point) e un indirizzo cosiddetto alias. Il primo è necessario per far coesistere simultaneamente canali vocali e canali utilizzati per le segnalazioni (ad esempio utente occupato, ecc...). Il secondo, opzionale, può essere un numero telefonico, un indirizzo e-mail, un acronimo, ecc...
È il momento di analizzare in dettaglio la funzione dei vari elementi, che d'ora in avanti chiameremo anche end-point, rappresentanti l'ossatura di una rete basata sul protocollo H323.

TERMINALI

Come la stessa parola suggerisce, in una rete H323 i terminali rappresentano la sorgente e la terminazione del flusso dati. In altri termini, al di là di un terminale vi è un essere umano che utilizza il contenuto informativo trasportato dalla rete, sia esso audio, video o entrambi. Essi devono consentire un traffico dati bidirezionale in realtime verso un altro terminale, mascherando, per quanto possibile, la presenza di ulteriori elementi implementati nella rete (gatekeeper, MCU, ecc...). Telefoni VoIP, IP phone, monitor video e PC possono essere considerati a tutti gli effetti terminali e, come già specificato, devono possedere un proprio indirizzo a livello di rete.

GATEKEEPER

I gatekeeper possono essere visti come la "mente" di una rete H323. Tuttavia, a conferma dell'enorme versatilità di questo tipo di architettura, il loro utilizzo è opzionale. Possiamo immaginare questo elemento, quando presente, come distintivo di una precisa realtà territoriale (ad esempio il magazzino di una fabbrica), che in termini tecnici viene definita "zona". La **figura 3** mostra gli elementi che compongono una zona H323 (alcune entità verranno dettagliate in seguito). È utile precisare che tutti gli end-point presenti in **figura 3** hanno il loro indirizzo IP conosciuto e memorizzato nel gatekeeper relativo alla loro zona.
I gatepeeker svolgono numerose importanti funzioni, utili specialmente se la rete è suddivisa in ulteriori sotto-reti che generano, fra loro, traffico sostenuto (grandi uffici, ospedali, ecc...). In questi casi è possibile, data la quantità di banda non illimitata, che il traffico in real-time possa influire negativamente sulle prestazioni di altri servizi (e-mail, traffico dati, ecc...). Il gatekeeper, in questi casi, gestisce le risorse a disposizione in modo da garantire un livello medio di performance per tutte le applicazioni. Lo standard H323, definisce per il gatekeeper (se presente) due tipi di funzionalità: accessorie e obbligatorie. Cominciamo con l'elencare queste ultime:

- autorizzazione e autenticazione delle chiamate (controllo delle credenziali del chiamante) affinché il traffico generato da un qualsiasi end-point possa entrare in una zona;
- traduzione dei numeri telefonici o alias in indirizzi IP e viceversa. A questo scopo esiste, all'interno del gatekeeper, una tabella aggiornata delle combinazioni possibili;
- gestione delle risorse di banda;
- controllo di tutti gli end-point presenti nella zona.

Adesso vediamo invece le funzionalità opzionali:
- gestione dei segnali di controllo in una videoconferenza punto-punto (l'alternativa è la gestione diretta da parte degli end-point);
- rifiutare chiamate utilizzando determinati criteri di scelta;
- rifiutare e/o abbattere chiamate, anche durante la fase di conversazione, se la banda necessaria sale al di sopra di determinate soglie. Questo può accadere se gli utenti, durante il collegamento, decidono di cambiare tipo di media (da audio a video, per esempio);
- mantenere una lista degli utenti impegnati in conversazione;
- inoltro della segnalazione di chiamata a un altro end-point per scopi di fatturazione, ecc...

Comunque, la tendenza attuale è di implementare nei terminali molte delle caratteristiche elencate. In tal modo, la presenza di un gatekeeper diventa assolutamente necessaria solo se la performance dell'impianto VoIP deve rimanere medio-alta (soluzioni aziendali o enti).

MCU (MULTIPOINT CONTROL UNIT)

Una delle potenzialità più forti della suite H323 risiede nella capacità di gestire videoconferenze con più di 2 partecipanti. Il compito di una MCU è occuparsi di ciò. Questa entità, generalmente un server su cui gira un apposito programma, può anche essere considerata uno speciale terminale che genera flussi (stream) audio e video. Le elaborazioni che una MCU opera su questi ultimi sono di 2 tipi:

- Multipoint Processor;
- Multipoint Controller.

Il Multipoint Processor si occupa di mescolare opportunamente i vari stream generati in modo che ogni terminale possa ricevere un solo flusso audio, comune a tutti, e tanti flussi video quanti sono i partecipanti alla sessione. Generalmente l'utente può scegliere, solitamente all'interno di un'immagine standard, il riquadro più piccolo contenente il video dell'attuale relatore. Il Multipoint Controller ha invece compiti più tecnici. In sostanza deve garantire che i CODEC usati dai partecipanti siano comuni per tutti gli end-point e, al contempo, deve assicurare risorse di banda sufficienti per tutti.

GATEWAY

Sebbene le reti di trasmissioni dati siano una realtà ormai consolidata, esse devono coesistere, ma non sappiamo ancora per quanto tempo, con le tradizionali reti a commutazione di circuito (PSTN) per la cui spiegazione si rimanda alla prima puntata. Infatti, la capillare presenza di terminali tradizionali (telefoni analogici) e i forti investimenti fatti a suo tempo per questa tipologia d'impianto sconsigliano, per il momento, l'abbattimento totale delle infrastrutture esistenti. Questa condizione impedisce l'interfacciamento diretto con flussi dati provenienti, ad esempio, da una zona H323. I gateway si occupano di risolvere questo problema consentendo lo scambio dati fra due reti di diversa tecnologia. In **figura 4** è schematizzata la funzione svolta da questi importanti dispositivi. L'esempio proposto riguarda un caso particolare, ovvero l'interfacciamento di una rete analogica con una digitale a commutazione di pacchetto. In realtà i gateway possono interfacciare anche reti digitali funzionanti con diversi protocolli ma con la stessa filosofia di base. Ad esempio possono interconnettere una rete ISDN, WI-FI, ecc. con il nostro impianto VoIP. I modelli più recenti, inoltre, possiedono funzioni di crittografia integrate per la sicurezza dei dati. Tornando alla modellistica OSI (si veda la seconda puntata) possiamo affermare che un gateway opera sul layer di rete ma, generalmente, ha integrate anche funzioni di instradamento (routing). In altri termini, analizza l'indirizzo IP del pacchetto dati e lo inoltra solo se quest'ultimo è destinato alla sotto-rete di sua competenza.

Figura 3: elementi tipici di una zona H323.

SERVER PROXY

Anche il server PROXY, così come il gatekeeper, è un elemento opzionale in un sistema basato sullo standard H323. Questa entità, quando presente, è in grado di offrire un vero e proprio canale privilegiato con i server remoti a cui necessariamente dobbiamo far riferimento in una sessione di scambio dati. Dall'utilizzo di un server PROXY conseguono i seguenti vantaggi:

- aumento dell'efficienza generale della connessione (a parità di banda disponibile);
- protezione dei dati da intrusioni esterni (funzioni di firewall);
- protezione dei dati da cadute momentanee della connessione (funzioni di back-up);
- maggiore controllo gestionale sulla direzione e gli orari del traffico informatico.

Sono tutte caratteristiche importanti, apparentemente inopinabili in un rete di tipo aziendale. Tuttavia, se l'applicazione principale del nostro impianto VoIP è la voce (e non le videoconferenze) e l'utilizzo di altri servizi (navigazione Internet, e-mail, ecc…) è nei limiti, l'acquisto di un server PROXY può essere evitato. Tra l'altro, alcune funzionalità del PROXY, spesso sono implementate nei gateway di ultima generazione.

RICERCA DEL GATEKEEPER E REGISTRAZIONE

Ora che la funzione di tutti gli elementi di un architettura H323 è stata accennata, possiamo entrare nel vivo della dinamica di una chiamata VoIP. Quest'ultima si articola in 3 fasi abbastanza distinte e consecutive:

- ricerca del gatekeeper da parte del terminale (gatekeeper discovery);
- registrazione/cancellazione del terminale (telefono VoIP) sul/i gatekeeper;
- svolgimento della chiamata fra 2 end-point.

È possibile che all'interno di una fase, ad esempio durante la chiamata, possano

TABELLA 1 - RICERCA DEL GATEKEEPER (PROTOCOLLO H225 RAS)

RICERCA DEL GATEKEEPER						
TERMINALE			DIREZIONE DEL FLUSSO DATI	GATEKEEPER		
ACRONIMO DEL MESSAGGIO	SIGNIFICATO	MODALITÀ DI COLEGAMENTO		MODALITÀ DI COLEGAMENTO	SIGNIFICATO	ACRONIMO DEL MESSAGGIO
GRQ	Gatekeeper ReQuest	Unicast o multicast	→	-	-	-
-	-	-	←	Unicast	Gatekeeper ConFirm	GCF
-	-	-	←	Unicast	Gatekeeper ReJect	GRJ

TABELLA 2 - RICHIESTA DI REGISTRAZIONE (PROTOCOLLO H225 RAS)

RICHIESTA DI REGISTRAZIONE DEL TERMINALE SU GATEKEEPER				
TERMINALE		DIREZIONE DEL FLUSSO DATI	GATEKEEPER	
ACRONIMO DEL MESSAGGIO	SIGNIFICATO		SIGNIFICATO	ACRONIMO DEL MESSAGGIO
RRQ	Registration ReQuest	→	-	-
-	-	←	Registration ConFirm	RCF
-	-	←	Registration ReJect	RRJ

Figura 4: funzioni del gateway.

esserci altre funzionalità attive, tuttavia, per semplificare l'approccio al processo, possiamo per il momento ignorarle. La prima operazione che l'end-point compie, di solito al momento della sua messa in funzione, è la ricerca del gatekeeper. Se tutto va a buon fine, la ricerca si esaurisce con l'ottenimento di un indirizzo IP relativo a uno o più gatekeeper. Se il terminale possiede già nella sua memoria una tabella di indirizzi validi, la procedura di discovering semplicemente non avviene. Di solito a una richiesta di discovery rispondono più gatekeeper, in questi caso spetta al terminale la scelta di quale usare per la chiamata. È anche possibile che un gatekeeper risponda inviando una lista di altri gatekeeper all'end point. Questa condizione, definita load sharing, è usata per distribuire il traffico sulla rete in modo uniforme. Il processo di gatekeeper discovering può svolgersi, da parte del terminale utente, con 2 modalità diverse. Esse sono impostabili dall'amministratore della rete e sono:

- chiamata a un gruppo di indirizzi IP predefiniti (presenti in memoria);
- chiamata multicast all'indirizzo IP 224.0.1.41.

Entrambe useranno il protocollo H225 RAS e utilizzeranno la porta UDP 1718 (si veda puntata precedente). Ricordiamo che una chiamata è definita multicast quando un'entità presente nella rete chiede una risposta da parte di un numero imprecisato di server che, per l'appunto, risponderanno solo se chiamate a un indirizzo multicast predefinito e comune per tutti. È bene precisare che, generalmente, le connessioni TCP-IP sono di tipo unicast; ovvero le entità coinvolte sono sempre due: un server e un client (utente). Diciamo subito e per inciso che una chiamata di tipo multicast ha il difetto di generare traffico superfluo nella rete, infatti molti server saranno costretti a esaminare l'indirizzo di chiamata per poi scartarlo in quanto non di loro competenza. È quindi preferibile ricorrere a un discovering con indirizzi predefiniti e già conosciuti dal terminale. Tuttavia anche questa soluzione ha un punto debole, potrebbe infatti accadere che i gatekeeper registrati non siano disponibili. Ancora una volta sarà l'amministratore del sistema a dover fare una scelta che prevede l'analisi di diverse variabili. Questa scelta deve tradursi, come sempre, in un compromesso valido. In questa fase le tipologie di messaggio scambiate fra gatekeeper e terminale sono, per nostra fortuna, abbastanza limitate. Esse sono riportate, nella loro sequenza, in **tabella 1** ove è stata prevista anche la possibilità che il gatekeeper non accetti la presenza del terminale. Questa eventualità, non impos-

Figura 5: procedura di ricerca gatekeeper (discovering).

Figura 6: chiamata INTRAZONE.

TABELLA 3 - RICHIESTA DI CANCELLAZIONE (PROTOCOLLO H225 RAS)

RICHIESTA DI CANCELLAZIONE DEL TERMINALE DAL GATEKEEPER				
TERMINALE		DIREZIONE DEL FLUSSO DATI	GATEKEEPER	
ACRONIMO DEL MESSAGGIO	SIGNIFICATO		SIGNIFICATO	ACRONIMO DEL MESSAGGIO
URQ	Unregistration ReQuest	→	-	-
-	-	←	Unregistration ConFirm	UCF
-	-	←	Unregistration ReJect	URJ

TABELLA 4 - CANCELLAZIONE TERMINALE (PROTOCOLLO H225 RAS)

CANCELLAZIONE DEL TERMINALE DAL GATEKEEPER				
GATEKEEPER		DIREZIONE DEL FLUSSO DATI	TERMINALE	
ACRONIMO DEL MESSAGGIO	SIGNIFICATO		SIGNIFICATO	ACRONIMO DEL MESSAGGIO
URQ	Unregistration ReQuest	→	-	-
-	-	←	Unregistration ConFirm	UCF

sibile, viene ovviamente riportata al terminale stesso con un apposito messaggio. Per chiarire meglio i concetti fin qui espressi, in **figura 5** è riportata una piccola porzione di rete VoIP (verosimilmente una LAN, Local Area Network) che prende in considerazione gli end-point interessati alla fase di discovering. Per semplicità i gatekeeper presenti sono soltanto due, tuttavia essi forniscono risposte diverse alla chiamata del terminale (vedi **figura 5**).
Una volta scoperto il gatekeeper di riferimento, il terminale dovrà compiere, come accennato, un ulteriore passo: la procedura di registrazione. Questo processo è necessario per fornire al gatekeeper stesso gli indirizzi IP e gli alias dell'utente (vedi paragrafo "Caratteristiche della suite H323"). Naturalmente un terminale può anche effettuare una procedura inversa, ovvero sganciarsi dal suo gatekeeper compiendo, in questo caso, una procedura di cancellazione. In entrambi i casi, il gatekeeper potrà accettare o rifiutare, in base a determinate impostazioni e/o condizioni, le proposte del terminale. Anche un gatekeeper, in un qualsiasi momento, può chiedere a un terminale di deregistrarsi e questo può accadere poiché le registrazioni già effettuate possono essere soggette a un "timeout". Quest'ultimo, impostabile con passi pari a un secondo, può essere comunque programmato per una durata massima che di norma supera il secolo. La connessione utilizzerà il protocollo H225 RAS sulla porta UDP 1719 che è anche denominata canale RAS. Inoltre, se l'architettura dell'impianto non prevede la presenza di un gatekeeper, non vi saranno procedure di registrazione/cancellazione e non sarà aperto il canale RAS È possibile esaminare in dettaglio il protocollo di registrazione/cancellazione in tutti e tre i casi previsti osservando la **tabella 2**, **tabella 3** e **tabella 4**.Confrontando la **tabella 4** con la **tabella 2** e la **tabella 3** si noti come il protocollo non preveda la possibilità, da parte del terminale, di rifiutare una richiesta di cancellazione fatta dal gatekeeper. Tale condizione, sicuramente poco democratica, è imposta da una posizione gerarchica più elevata del gatekeeper stesso nei confronti dei terminali a lui associati.

TIPOLOGIA DI CHIAMATA

Nella raccomandazione H323, lo ricordiamo, il concetto di zona individua un insieme di terminali registrati presso un unico gatekeeper. La dimensione di una zona dipende dal progettista della rete ma, detto per inciso, più la zona è piccola, ovvero comprende pochi terminali, e più la performance dell'impianto sarà elevata. Come sempre, in fase di progettazione, andrà fatto un compromesso ma è in ogni caso sconsigliabile superare il numero di 8-9 terminali per zona. Va da sé che in un'entità molto grande, ad esempio un ministero, sarà possibile effettuare chiamate fra terminali della stessa zona o terminali posti in zone differenti. Una chiamata esterna, invece, in-

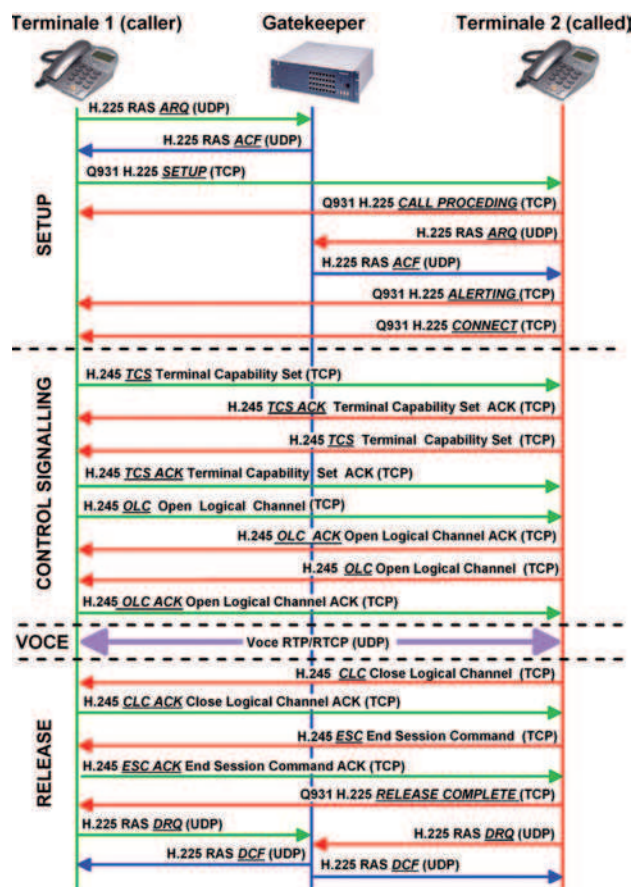
Chiamata INTERZONE	
Fase	**Criterio del messaggio**
1	Il terminale 1 chiede al gatekeeper 1 il permesso di chiamare il terminale 2 (called)
2	Il terminale 2 non è nella zona del gatekeeper 1. Il gatekeeper 1 chiede al gatekeeper 2 l'indirizzo IP del terminale 2
3	Il gatekeeper 2 fornisce al gatekeeper 1 l'indirizzo del terminale 2
4	Il gatekeeper 1 fornisce l'indirizo del terminale 2 al terminale 1 (caller)
5	Il terminale 1 chiama il terminale 2

Figura 7: chiamata INTERZONE.

Figura 8: sessione voce per una chiamata INTRAZONE.

teressa sempre zone differenti. È quindi possibile fare una distinzione fra chiamate INTRAZONE e chiamate INTERZONE. Con questa ultima definizione si intende l'utilizzo di due gatekeeper, ovvero quello corrispondente alla zona del chiamante (caller) e quello relativo alla zona del chiamato (called). Le procedure per una chiamata INTERZONE sono leggermente più complesse rispetto a una INTRAZONE. Questo dipende dal fatto che il gatekeeper dell'utente chiamato non conosce l'indirizzo IP del chiamante (o il suo alias) in quanto l'end-point di quest'ultimo non è registrato nella sua memoria. Entrambe le tipologie di chiamata sono mostrate in **figura 6** e in **figura 7**. Nella stesse sono anche descritte, in ordine sequenziale, i criteri dei messaggi scambiati fra le varie entità.

SESSIONE "VOCE" H323

Abbiamo visto precedentemente come una sessione H323 utilizzi protocolli di trasporto affidabili, come il TCP, quando ha a che fare con segnalazioni (vedi **figura 1**). Ricordando questa premessa, possiamo approfondire le varie fasi di una sessione voce VoIP. Osservando la **figura 8**, possiamo notare come una chiamata in ambiente H323 segua una procedura abbastanza articolata. L'esempio mostrato si riferisce a una chiamata di tipo INTRAZONE che, come abbiamo accennato, ha un iter protocollare leggermente più semplice rispetto a una chiamata proveniente da un'altra zona H323. Cerchiamo ora di interpretare le varie fasi. Premettiamo che la **figura 8**, così come è stata concepita, presenta le segnalazioni e i flussi prodotti dal terminale dell'utente chiamante (caller), quelle dell'utente chiamato (colui che sentirà squillare il telefono, detto anche called) e quelle prodotte dal gatekeeper che presiede la zona. Per ogni messaggio sono indicati: il protocollo di trasporto (posto fra parentesi), il protocollo della suite H323 e l'acronimo che indica il messaggio stesso (sottolineato). Anche in questi casi la comunicazione segue il classico schema di invio seguito da risposta e ciò vale per tutti gli end-point descritti. Inoltre, la **figura 8** ci presenta un modello abbastanza frequente, ovvero quando la chiamata va a buon fine e i due utenti possono effettivamente stabilire una comunicazione vocale. Tuttavia, come prevedibile, sono possibili altre situazioni. Ad esempio, la chiamata può essere respinta dal gatekeeper e ciò può accadere per motivi vari (la scarsità di banda disponibile, ecc...). In questi casi la tipologia e la sintassi di alcuni dei messaggi scambiati è ovviamente diversa. Naturalmente l'uso di un protocollo da parte dell'entità che ha generato il messaggio implica necessariamente una risposta che utilizza il medesimo protocollo. A un esame attento non può sfuggire al lettore che le fasi definite SETUP (inizializzazione del collegamento) e CONTROL SIGNALLING (mediazione fra i due terminali sui CODEC usati, ecc…) sono soltanto propedeutiche al momento in cui i due utenti potranno effettivamente conversare, ovvero la fase definita VOCE. In particolare, in questa fase, oltre alla voce saranno comunque scambiate informazioni riguardanti lo stato del collegamento stesso. Queste informazioni viaggeranno contemporaneamente al media interessato (audio, video, ecc...). La fase del processo definita RELEASE è invece necessaria per l'abbattimento della chiamata a fine conversazione. Per questo scopo gli ultimi messaggi del gatekeeper, inviati a entrambi i terminali, sono un DISENGAGE CONFIRM (acronimo DCF) ovvero la conferma che gli utenti hanno riposto il microtelefono.

CONCLUSIONI

Finisce qui questa puntata, forse un po' impegnativa, ma sicuramente interessante. Nella prossima puntata sarà affrontato il protocollo SIP. ❑

CODICE MIP 2756977

l'angolo di Mr A.KEER

DECODER "a 7 segmenti"

La possibilità di disporre di visualizzatori formati da digit "a 7 segmenti" suggerisce l'analisi dettagliata dei principali dispositivi combinatori in grado di controllarli. Scopriamone insieme i segreti e il modo migliore per utilizzarli

Dopo aver analizzato ogni particolare dei visualizzatori (display) a una o più cifre, è arrivato il momento di scegliere i componenti in grado di assicurare loro le condizioni migliori per tradurre l'informazione binaria prodotta da un determinato dispositivo logico in simboli significativi. Poiché si tratta di interpretare un codice binario (di solito a 4 bit), avremo di certo a che fare con dei decoder (decodificatori), più sofisticati di quelli binari e decimali descritti nelle precedenti puntate, ma decisamente appartenenti alla stessa famiglia; ciascuno di essi sarà caratterizzato dalla presenza di 4 linee d'ingresso e 7 linee d'uscita, rese adatte a controllare lo stato (acceso o spento) di altrettanti LED. Il numero binario proposto sulle sue 4 linee di ingresso produrrà effetto significativo (uno dei simboli del sistema di numerazione decimale, da 0 a 9) solo per le prime 10 combinazioni, quelle appartenenti al Codice BCD, da $(0000)_2$ a $(1001)_2$, mentre per le restanti 6, da $(1010)_2$ a $(1111)_2$, saranno mostrate combinazioni casuali di segmenti. Fa eccezione a questa regola il prezioso componente ***9368*** che, per questa sua esclusiva proprietà, sarà trattato per ultimo nella prossima puntata.

DECODER DA BCD A 7 SEGMENTI (TTL): 7446, 74LS47, 74LS48, 7449

La serie TTL LS prevede numerosi componenti in grado di garantire questo servizio, definiti BCD to 7-segment decoder dai datasheet: i 74LS47 e 74LS48 (più 7446 e 74LS49, meno adatti per la gestione diretta di digit), tra loro funzionalmente identici e pinout compatibili, ma governati da tecnologie di uscita diverse. In aggiunta sono disponibili i componenti TTL 74LS247, 74LS248 e 74LS249, prodotti per porre rimedio a una particolare proposta estetica: le cifre 6 $(0110)_2$ e 9 $(1001)_2$ sono mostrate da tutti i decoder del primo elenco in modo inconsueto, senza accendere rispettivamente il trattino in alto (segmento a) o in basso (segmento d); i 3 nuovi dispositivi, per il resto del tutto identici a quelli con le stesse ultime 2 cifre, mostrano invece il 6 e il 9 nella forma completa.

Il decoder TTL 74LS47 converte il Codice BCD proposto sulle sue linee d'ingresso generando sulle linee d'uscita dei segnali attivi bassi: i segmenti del digit a esso collegato si accenderanno dunque con uno 0 logico, per cui questo componente è adatto a digit ad anodo comune; il suo pinout è illustrato in **figura 1**. Ciascuna delle sue uscite (**figura 2**) è dotata di un driver di tipo open-collector: lo stadio finale del componente è dunque un semplice transistor con emettitore collegato regolarmente a massa e collettore collegato direttamente all'uscita, senza nessun vincolo con la sua alimentazione interna.

Il fatto che il collettore del transistor TR sia aperto (cioè non collegato a nulla, fluttuante), ci obbliga a collegare un carico esterno in grado di chiudere il circuito d'uscita verso una tensione positiva, al fine di consentire il funzionamento del transistor stesso; di solito si utilizza un resistore, detto di pull-up per significare (nel pittoresco modo di esprimersi degli anglosassoni) che il potenziale dell'uscita va "tirato su" verso l'alimentazione esterna. Il vantaggio di disporre di uscite *open-collector* sta nella possibilità di assorbire correnti piuttosto elevate e di alimentare il carico con tensioni diverse (di norma maggiori) dalla tipica alimentazione a +5 V; questo consente di pilotare direttamente dispositivi esigenti (per esempio un relè), cosa assolutamente preclusa alle classiche uscite *Totem-pole*.

Sulla base di queste premesse: a livello basso (0 logico) è garantita una corrente assorbita di 24 mA, attraverso il carico e in virtù del fatto che il transistor TR è ora in condizioni di forte conduzione, la sua tensione d'uscita è comunque quasi nulla (coincide con la VCE di saturazione, di norma da 0,1 V a 0,3 V).

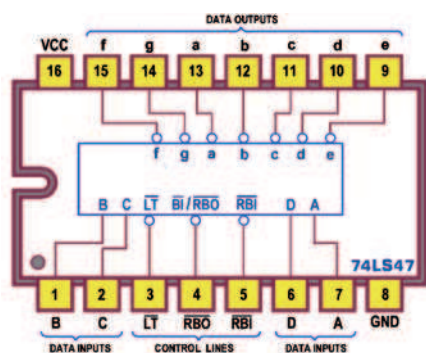



Figura 1: pinout del BCD to 7-segment decoder 74LS47.

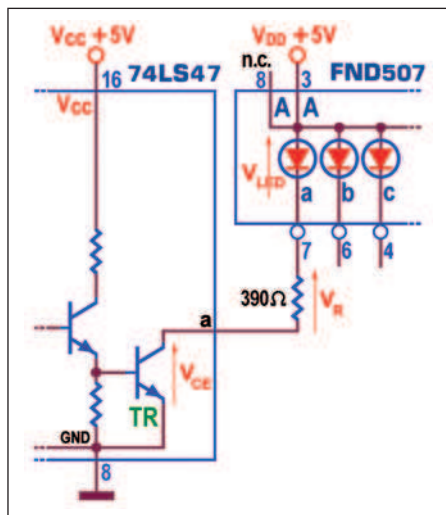



Figura 2: BCD to 7-segment decoder 74LS47 con FND507.

A livello alto (1 logico) la sua tensione d'uscita può raggiungere il valore massimo ammesso per l'alimentazione esterna, VDD, fino a 15 V per questo componente. Infatti, in queste condizioni, il transistor TR non conduce (è in interdizione), per cui la caduta di tensione sul carico è nulla (non essendo possibile alcun passaggio di corrente attraverso di esso) e quindi tutta la tensione di alimentazione si ritrova ai suoi capi. Lo schema pratico (**figura 3**), da utilizzare direttamente nel contesto di un progetto, riassume le caratteristiche logiche di questo componente, evidenziando il nome dei segnali logici che entrano e di quelli che escono, e il numero dei piedini a essi riservati. La **figura 4** mostra i collegamenti necessari per pilotare un FND507; i tre piedini di controllo, LT (pin 3), RBO (pin 4) e RBI (pin 5), non sono stati coinvolti, lasciandoli scollegati (o meglio collegando i due ingressi a +5 V). Per capirne il funzionamento è necessario attendere la descrizione del contesto in cui saranno operativi, per cui saranno esaminati con dettaglio solo al termine dello studio dei singoli componenti.

I 7 resistori presenti nel circuito hanno lo scopo di limitare la corrente che, dall'alimentatore esterno attraverso l'integrato, percorre ciascuno dei segmenti-LED del digit, quando le uscite sono attive (basse), al fine di garantirne l'incolumità; il valore della loro resistenza è calcolato per una corrente di 8 mA in presenza di tensioni d'alimentazione VDD di +5 V, +12 V e +15 V, e normalizzato a un vicino valore standard, rispettivamente pari a 390, 1,2 k e 1,8 kohm. La potenza dissipata dal 74LS47 è di 35 mW. Esistono altre due versioni, il 74LS347 e il 74LS447, del tutto identiche rispettivamente ai 74LS47 e 74LS247, con la sola eccezione di sopportare, a livello alto VOH (1 logico), al massimo 7 V invece di 15 V.

Il decoder TTL 7446 è una versione pinout compatibile ma più potente del 74LS47, capace di assorbire corrente fino a 40 mA, e di sopportare tensioni di alimentazione esterna fino a +30 V, con potenza dissipata di 320 mW (per altro uguale a quella del 7447, esso pure non di tipo LS); fatte salve queste differenze, per esso valgono tutte le considerazioni precedenti.

Figura 4: progetto con FND507 del BCD to 7-segment decoder 74LS47.

Figura 3: schema pratico del BCD to 7-segment decoder 74LS47.

Il decoder TTL 74LS48 converte il Codice BCD proposto sulle sue linee d'ingresso generando sulle linee d'uscita dei segnali attivi alti: i segmenti del digit a esso collegato si accenderanno dunque con un 1 logico, per cui questo componente è adatto a digit a catodo comune; il suo pinout è illustrato in **figura 5**. Ciascuna delle sue uscite è caratterizzata, rispetto alla normale Totem-pole, dalla presenza di un resistore interno di pull-up, il cui valore di resistenza è pari a 2k (**figura 6**); lo scopo di questa originale scelta funzionale è quello di assicurare maggiore corrente erogata, in sintonia con le precedenti osservazioni sul fatto che le uscite TTL non sono (nella norma) adatte a questo servizio. Tuttavia, pur in presenza di un pull-up interno di 2k, il decoder 74LS48 non è in grado di pilotare direttamente un normale digit: questo componente è stato progettato per "vedere" una logica TTL o DTL, o per pilotare un amplificatore di corrente (driver) a esso successivo, per esempio un transistor o un sofisticato ULN2003 (contenente 7 coppie di transistor NPN in configurazione Darlington) per il controllo di lampade, piuttosto che per quello di digit. Secondo il datasheet a livello alto (1 logico) può erogare al massimo 1,3 mA (i conti tornano, volendo assicurare in uscita il valore standard di VOH=2,4V: 5V-2kohm*1,3mA=5V-2,6V=2,4V); caricandolo con LED, se il transistor TR non conduce (interdetto), la caduta di tensione sul pull-

Figura 5: pinout del BCD to 7-segment decoder 74LS48.

Figura 6: BCD to 7-segment decoder 74LS48 del con FND500.

up interno di 2k, pari a 5V-1,7V= 3,3V, impone il passaggio di 1,65 mA, una corrente decisamente insufficiente per accendere con accettabile luminosità i segmenti-LED di un normale digit a catodo comune. A livello basso (0 logico) è garantita (sempre secondo il datasheet) una corrente assorbita di 6 mA, attraverso il transistor TR, ora in saturazione: di istinto sembrerebbe più logico l'impiego con digit ad anodo comune (naturalmente corredato da adeguati resistori in serie a ciascun segmento per limitare la corrente al valore di 6 mA, di resistenza 470 ohm, con alimentazione esterna di +5 V), ma va tenuto presente che le sequenze d'uscita sono progettate per dare effetto in logica positiva, per cui (essendo attivo, in questo caso, lo 0 logico) l'effetto sul digit sarebbe decisamente inaccettabile (**vedi figura 7**).

Lo schema pratico (**figura 8**) riassume le caratteristiche logiche di questo componente. L'impiego del decoder 74LS48 con un normale digit a catodo comune non è dunque particolarmente consigliabile ed è comunque possibile (**figura 9**) solo con l'impiego di resistori addizionali esterni di pull-up su ciascuna delle 7 linee d'uscita; la scelta del valore di resistenza è legata all'intensità luminosa desiderata per i segmenti-LED; va da sé che non è il caso di scendere a valori troppo piccoli per non rischiare di bruciare le uscite del componente. Anche in questo caso i tre piedini di controllo, LT (pin 3), RBO (pin 4) e RBI (pin 5), non sono stati coinvolti, lasciandoli scollegati (o meglio collegando i due ingressi a +5 V). La potenza dissipata dal 74LS48 è di 125 mW.

Il decoder TTL 74LS49 è una versione più compatta e complementare del 74LS47, essendo ora attive alte le sue linee d'uscita; il Codice BCD proposto in ingresso genera dunque delle sequenze adatte ad accendere con uno 1 logico i segmenti del digit a esso collegato, per questo di tipo a catodo comune; il suo pinout è illustrato in **figura 10**. Le sue uscite sono di tipo *open-collector*, cioè il suo stadio finale è caratterizzato dalla presenza di un transistor con emettitore collegato a massa e con collettore lasciato aperto in uscita (cioè non collegato a nulla); anche questo decoder non è adatto alla gestione diretta di un normale digit, essendo stato progettato per pilotare una logica TTL o per essere anteposto a un driver per il controllo di lampade. Secondo il datasheet a livello alto (1 logico) può erogare al massimo 0,250 mA, una corrente decisamente insufficiente per i segmenti-LED di un normale digit a catodo comune; a livello basso (0 logico) è garantita una corrente assorbita di 8 mA, ma il dato sembra irrilevante nei confronti del servizio atteso da questo componente. Nel normale funzionamento, l'unico piedino di controllo, BI (pin 3), può essere lasciando scollegato o collegandolo a +5 V; la potenza dissipata dal 74LS49 è di 40 mW.

Tutti i decoder analizzati finora utilizzano tre linee di controllo (LT, BI/RBO e RBI, tutte attive basse) per assicurare servizi piuttosto particolari, molto utili nell'ambito dei visualizzatori a più digit, tipici dei comuni dispositivi presenti sul mercato. Le linee collegate al pin 3 e al pin 5 sono decisamente d'ingresso, mentre quella collegata al pin 4 dispone di una circuiteria interna (basata su un resistore di pull-up, adatta a realizzare una logica di tipo *wired-AND* con ogni uscita *open collector*) che permette sia di disporre su essa di un segnale d'uscita RBO, sia di forzare su essa un segnale d'ingresso BI (attivo basso) senza produrre danni. La linea collegata al pin 4, utilizzata come ingresso (BI, *Blanking Input*) permette (se attivata, cioè forzata a 0) di spegnere incondizionatamente il digit collegato al decoder, con qualunque codice presente sugli ingressi DCBA; nel funzionamento normale l'ingresso BI deve essere lasciato scollegato (o collegato al +5 V), cioè disattivo (forzato a 1); da notare che l'ingresso BI è prioritario rispetto a tutti gli altri, cioè quando esso è attivo contemporaneamente a ogni altro ingresso la funzione degli altri viene ignorata. La linea d'ingresso collegata al pin 3 (LT, *Lamp Test*) opera il servizio opposto: forzata a 0 accende (attiva) tutte le linee d'uscita di segmento, forzando l'accensione di tutti i segmenti del digit collegato al decoder; il suo compito è dunque quello di fornire uno strumento adatto a verificarne l'integrità. La sua azione ha un livello di priorità secondo solo al segnale d'ingresso BI per cui potrà essere esercitata solo se BI non è contemporaneamente attivo. La **figura 11** mostra un visualizzatore costituito da 4 digit FND500 (governati da altrettanti 74LS48) con tutti i segmenti dei digit accesi per effetto del controllo esercitato sugli ingressi LT (tutti attivi, forzati a 0) con ingressi BI disabilitati (forzati a 1); in essa (e nelle successive) non figurano i consigliati 7 resistori esterni di pull-up, per non appesantire lo schema. La tecnica di *blanking* (spegnimento) può essere usata anche per controllare l'intensità luminosa del visualizzatore;

Figura 7: simboli visualizzati con FND507 del BCD to 7-segment decoder 74LS48.

Figura 8: schema pratico del BCD to 7-segment decoder 74LS48.

Figura 9: progetto con FND500 del BCD to 7-segment decoder 74LS48.

è sufficiente applicare sul pin 4 un'onda quadra non simmetrica e modificare il suo duty cycle. Come è noto questo parametro esprime (anche in percentuale) il rapporto tra la durata della parte alta e il periodo del segnale. Se l'aspetto dell'onda quadra è quello di un treno d'impulsi di breve durata molto distanziati tra loro (tipico di un duty cycle molto basso, per esempio del 5%), l'effetto sui digit è quello di tenerli (quasi) spenti, mentre se l'onda quadra assomiglia a un treno d'impulsi molto lunghi, praticamente attaccati l'uno all'altro (tipico di un duty cycle molto alto, per esempio del 95%), l'effetto sui digit è quello di accenderli (quasi) al massimo. Per garantire questo evento è per altro necessario che la frequenza del segnale così generato sia sufficientemente elevata, maggiore di 45 Hz per i digit con LED all'arseniuro fosfuro di gallio (GaAsP, quindi rossi): solo così la veloce sequenza di spegnimenti (imposti da BI attivo, cioè a 0) e accensioni (imposti da BI disattivo, cioè a 1) può essere percepita come variazione di luminosità per effetto della persistenza ottica dell'immagine sulla retina dall'occhio umano. La **figura 12** mostra l'aspetto dei segnali necessari rispettivamente per una discreta (duty cycle pari a 86%) e bassa (duty cycle del 14%) accensione dei digit: naturalmente l'effetto ottenuto è legato al valore medio del segnale stesso, più vicino a 1 logico nel primo caso e allo 0 nel secondo.

Tra le azioni di controllo esercitate dai decoder sui rispettivi digit rimane da descrivere quella, decisamente sofisticata, della coppia RBI, RBO. La linea d'ingresso collegata al pin 5 (RBI, *Ripple Blanking Input*) consente (se attivata, cioè forzata a 0) di spegnere (*blanking*) il digit collegato al decoder solo se contemporaneamente il codice presente sugli ingressi DCBA è $(0000)_2$; in queste condizioni forza a 0 anche l'uscita sul pin 4, RBO (*Ripple Blanking Output*); se il codice presente sugli ingressi DCBA è diverso da $(0000)_2$, il digit mostra regolarmente i simboli corrispondenti e l'uscita RBO rimane disattiva (cioè a livello logico 1). La condizione per poter visualizzare comunque

Figura 10: pinout del BCD to 7-segment decoder 74LS49.

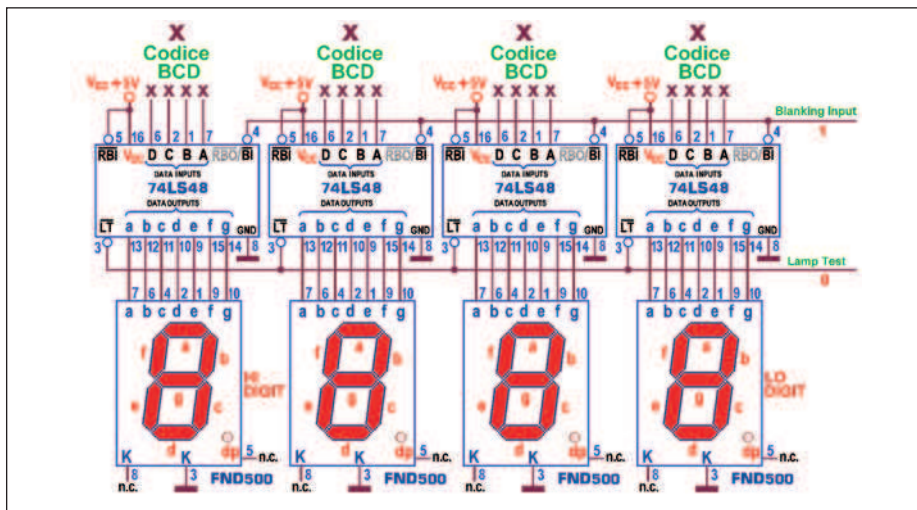



Figura 11: effetto del Lamp Test del visualizzatore a 4 digit FND500 con 74LS48.

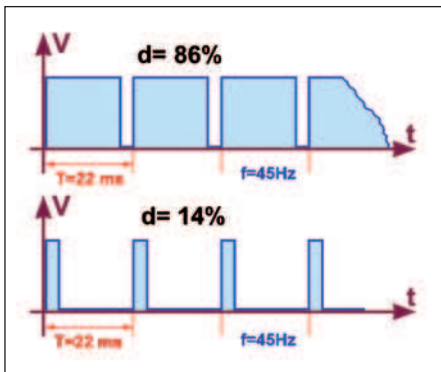
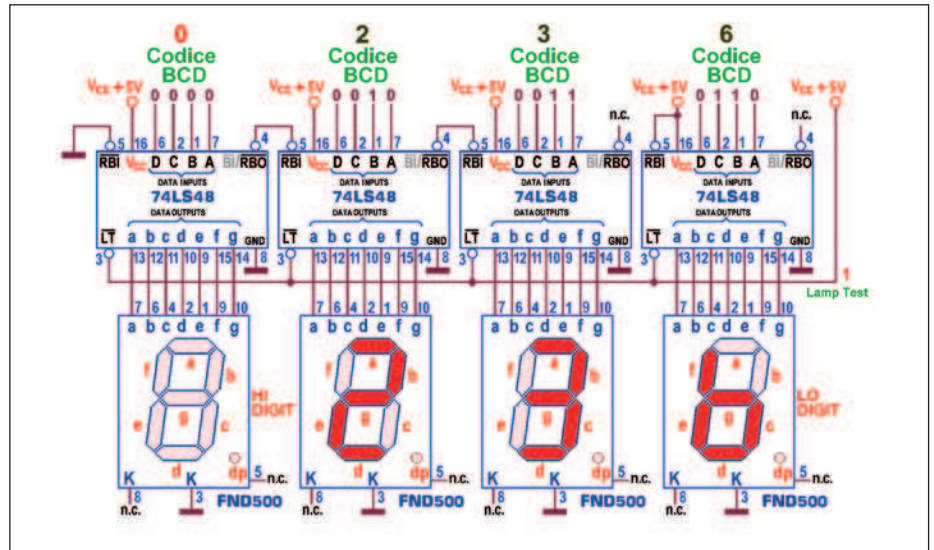



Figura 12: effetto blanking del visualizzatore a 4 digit FND500 con 74LS48.

Figura 13: effetto Ripple Blanking del visualizzatore a 4 digit FND500 con 74LS48.

la cifra zero è di lasciare l'ingresso RBI scollegato (o meglio collegato al +5 V), cioè disattivo (forzato a livello logico 1).

L'uscita RBO è un utile meccanismo che consente di evitare di accendere tutti gli zero a sinistra di un numero, decisamente antiestetici e inutili; anche nella comune aritmetica sembra logico scrivere 236 piuttosto che 0236. Il metodo per raggiungere questo scopo è quello di collegare a massa l'ingresso RBI del decoder collegato al digit più significativo e di collegare in cascata l'uscita RBO di ciascun digit (a cominciare da quello più significativo) con l'ingresso RBI del digit successivo (subito a destra). La situazione è mostrata in **figura 13**, ancora per un visualizzatore con 4 digit FND500, ciascuno controllato da un 74LS48, nell'ipotesi che i codici BCD in ingresso ai 4 decoder siano quelli corrispondenti alle cifre 0236. Con questa predisposizione (ingresso RBI del decoder collegato al digit più significativo forzato a massa) lo "0" corrispondente al codice $(0000)_2$, fornito sugli ingressi DCBA, non viene mostrato (*blanking* della cifra, il digit rimane spento). Questo evento (e solo in questo caso!) forza a 0 anche l'uscita RBO che, a sua volta, forza a massa l'ingresso RBI del decoder collegato al digit successivo (subito a destra): poiché il codice presente sugli ingressi DCBA di questo decoder non è $(0000)_2$ il fatto che il suo ingresso RBI sia a livello logico 0 è ora del tutto irrilevante e, da questa posizione in poi ogni cifra verrà visualizzata, anche gli eventuali "0" interni. In caso contrario anche il secondo digit rimane spento e, in coerenza con la regola, il decoder a esso associato forza a 0 la sua uscita RBO e, di conseguenza, anche l'ingresso RBI del decoder collegato al digit successivo (il terzo da sinistra). Il meccanismo si applica per tutte le cifre del display e, se mantenuto inalterato, fornendo 4 codici BCD "nulli", terrebbe spento tutto il visualizzatore. Sebbene la cosa sia possibile, non sembra comunque una buona soluzione. Se sugli ingressi DCBA di ogni decoder viene fornito il codice $(0000)_2$ è ragionevole mostrare almeno lo zero associato al digit più a destra; per questa ragione l'ingresso RBI del decoder a esso relativo viene mantenuto a 1, spezzando la catena di controllo e vanificandone l'effetto.

Una curiosità: osservando la **figura 14** si capisce la ragione per la quale gli ingressi (RBI, *Input*) e le uscite (RBO, *Output*) di blanking vengano caratterizzate dall'attributo *ripple*; il temine può essere tradotto con ondulazione, ed è proprio il senso che danno i quattro collegamenti tra RBI e RBO. Tra l'altro questo termine è molto comune anche in un altro ambito: *ripple* è l'ondulazione residua rilevabile in uscita a un semplice alimentatore non stabilizzato (trasformatore + ponte di greatz + condensatore elettrolitico) sottoposto a un piccolo assorbimento di corrente.

La tecnica di *Ripple Blanking* può essere applicata, all'occorrenza, anche per evitare di accendere tutti gli zero a destra di un numero: la cosa ha senso solo se ci si riferisce alla sua parte frazionaria; per esempio sembra logico scrivere 3,2 piuttosto che 03,20.

Ripetiamo l'analisi organizzando il visualizzatore precedente per gestire la parte intera di un numero sui primi 2 digit e la sua parte frazionaria sugli ultimi 2 (**figura 15**); la situazione è evidenziata dalla presenza del punto decimale acceso permanentemente sul secondo digit. L'ipotesi di lavoro è che i codici BCD in ingresso ai 4 decoder siano ora quelli corrispondenti alle cifre 0230. La gestione della parte intera è identica a quella già descritta in precedenza: il decoder associato al digit più significativo ha l'ingresso RBI a massa perciò se (come nel nostro esempio) sui suoi ingressi DCBA è presente il codice $(0000)_2$, la visualizzazione dello "0" viene evitata (*blanking* della cifra) e la sua uscita RBO viene forzata a massa. Se essa fosse collegata all'ingresso RBI del decoder associato al digit successivo (subito a destra,

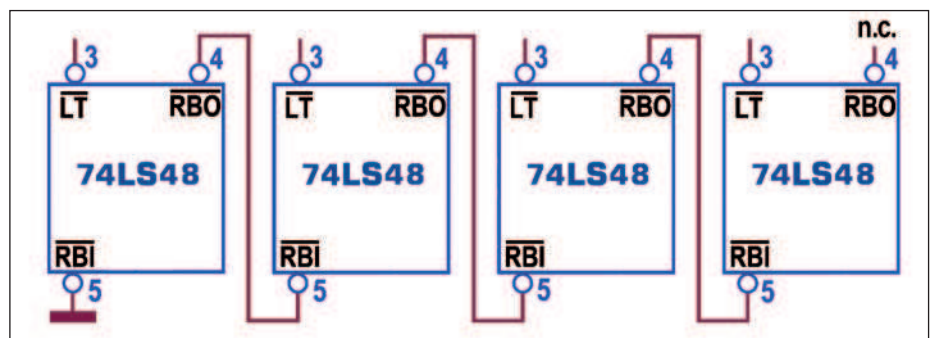
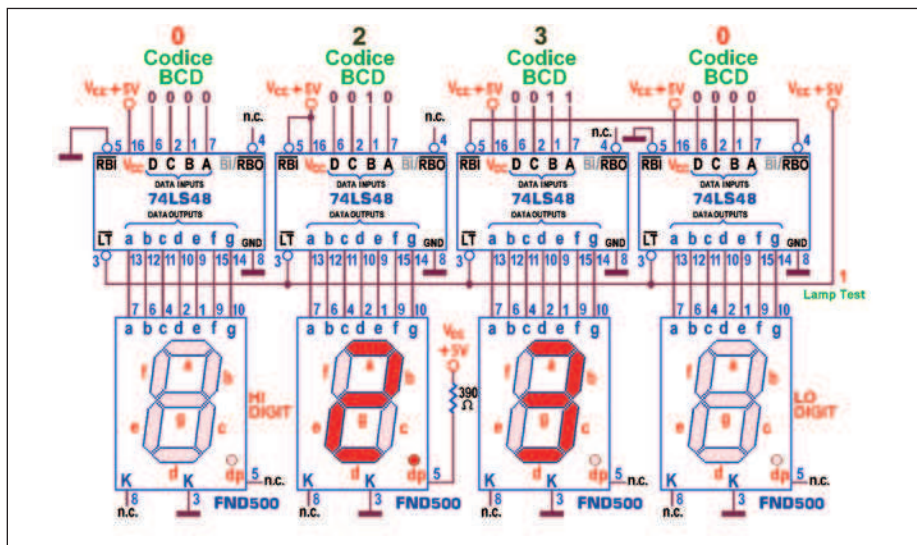



Figura 14: Ripple Blanking del visualizzatore a 4 digit FND500 con 74LS48.

quello con punto decimale acceso), l'eventuale presenza sui suoi ingressi DCBA del codice $(0000)_2$ eviterebbe anche per esso la visualizzazione dello "0"; ma l'input RBI di questo decoder non è soggetto a nessun controllo (non è attivato, essendo forzato a 1 logico) per cui consentirà la visualizzazione di qualunque cifra decimale, compreso lo "0". La gestione della parte frazionaria riflette la stessa logica ma, dovendo evitare l'accensione degli zero a destra del numero, il controllo dovrà essere esercitato a partire dal digit meno significativo; fissando a massa l'ingresso RBI del decoder collegato al digit meno significativo se (come nel nostro esempio) sui suoi ingressi DCBA è presente il codice $(0000)_2$, la visualizzazione dello "0" su di esso viene evitata. Questa situazione forza a 0 anche la sua uscita RBO che, a sua volta, forza a massa l'ingresso RBI del decoder collegato al digit precedente (subito a sinistra) evitando la visualizzazione dello "0" se sui suoi ingressi DCBA è presente il codice $(0000)_2$. Naturalmente, se la cosa sembra eccessiva, è sufficiente evitare di fare quest'ultimo collegamento, fissando a 1 logico l'ingresso RBI del terzo decoder, garantendo la visibilità di ogni valore, da 0,0 a 9,9. La tabella di verità (Truth Table o Function Table) è sempre disponibile nei datasheet anche per i decoder come quelli appena descritti. La **figura 16** si riferisce al 74LS48 ed è sostanzialmente la stessa di quella relativa ai 74LS47 (e 7446), fatta salva la differenza che il primo ha uscite (pull-up 2k) attive alte, mentre i secondi hanno uscite (open-collector) attive basse. L'analisi della tabella sintetizza ogni precedente considerazione:

a) la penultima riga evidenzia la forza prioritaria di BI: quando esso è attivo (basso, cioè a low level), tutte le uscite di segmento passano a 0 indipendentemente dal valore di ogni altro ingresso, spegnendo di fatto il digit (a catodo comune) collegato al decoder;

b) l'ultima riga conferma che dopo BI comanda LT: se questo ingresso è attivo (basso, L), con BI disattivo, tutte le uscite di segmento passano a 1 (alte, H), indipendentemente dal valore degli altri ingressi, accendendo di fatto il digit;

c) la prima riga mostra l'effetto di RBI: se esso è attivo (basso, L), con BI e LT disattivi e tutti gli ingressi di dato DCBA a 0, tutte le uscite di segmento e l'uscita RBO passano a 0 (digit spento);

d) in tutti gli altri casi, con LT e RBI disattivi (o meglio forzati a 1), le linee di seg-

Figura 15: effetto blanking decimali del visualizzatore a 4 digit FND500 con 74LS48.

	INGRESSI							USCITE							
n°	$\overline{LT}$	$\overline{RBI}$	D	C	B	A	$\overline{BI}$	$\overline{RBO}$	a	b	c	d	e	f	g
0	H	L	L	L	L	L		L	L	L	L	L	L	L	L
		H						H	H	H	H	H	H	H	L
1	H	X	L	L	L	H		H	L	H	H	L	L	L	L
2	H	X	L	L	H	L		H	H	L	H	H	H	L	H
3	H	X	L	L	H	H		H	H	H	H	H	L	L	H
4	H	X	L	H	L	L		H	L	H	H	L	L	H	H
5	H	X	L	H	L	H		H	H	L	H	H	L	H	H
6	H	X	L	H	H	L		H	L	L	H	H	H	H	H
7	H	X	L	H	H	H		H	H	H	H	L	L	L	L
8	H	X	H	L	L	L		H	H	H	H	H	H	H	H
9	H	X	H	L	L	H		H	H	H	H	L	L	H	H
10	H	X	H	L	H	L		H	L	L	L	H	H	L	H
11	H	X	H	L	H	H		H	L	L	H	H	L	L	H
12	H	X	H	H	L	L		H	L	H	L	L	L	H	H
13	H	X	H	H	L	H		H	H	L	L	H	L	H	H
14	H	X	H	H	H	L		H	L	L	L	H	H	H	H
15	H	X	H	H	H	H		H	L	L	L	L	L	L	L
$\overline{BI}$	X	X	X	X	X	X	L		L	L	L	L	L	L	L
$\overline{LT}$	L	X	X	X	X	X	H		H	H	H	H	H	H	H

H livello logico alto
L livello logico basso
X livello logico irrilevante

Figura 16: tabella di verità del BCD to 7-segment decoder 74LS48.

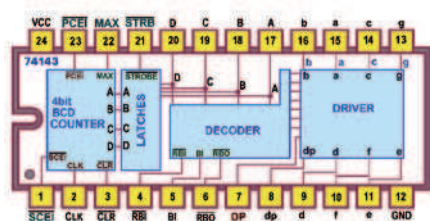



Figura 17: pinout del 4bit Counter/Latch BCD to 7-segment decoder/Driver 74L143.

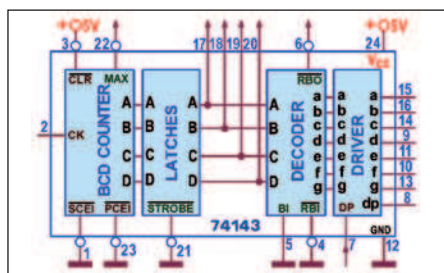



Figura 18: schema funzionale del 4bit Counter/Latch BCD to 7-segment decoder/Driver 74L143.

Figura 19: progetto con FND507 del 4bit Counter/Latch BCD to 7-segment decoder/Driver 74L143

mento assumeranno i livelli adatti a mostrare le cifre decimali corrispondenti al codice BCD proposto sugli ingressi DCBA e la linea BI/RBO (ora intesa come uscita) sarà tenuta a 1.

In chiusura si vuole presentare un ultimo sofisticato componente della serie TTL standard: si tratta del 74143, un contatore sincrono BCD dotato di memoria interna in grado di mostrare direttamente la cifra decimale del suo conteggio su un digit ad anodo comune, disponendo internamente anche di un decoder/driver "a 7 segmenti" (**figura 17**). Il fatto di prenderlo in considerazione ci permette di sottolineare un'esigenza finora lasciata latente, quella di disporre di un dispositivo in grado di fornire al decoder i codici BCD da tradurre in numeri sul visualizzatore; qualunque logica è in grado di farlo, dalla più semplice (4 switch) alla più sofisticata (le uscite di un processore), ma una delle più gratificanti è quella affidata alle uscite di un contatore che, automaticamente, obbligheranno il digit (collegato al decoder) a mostrare in sequenza tutte e 10 le cifre decimali. La funzione "contatore" del 74143 sarà argomento di una successiva puntata. In questa sede possiamo notare come la funzione di decoder sia esattamente la stessa descritta finora e della quale la **figura 18** ci aiuta a capire il funzionamento.

La linea BI (*Blanking Input*, sul pin 5, ora attiva alta) se forzata a 1 spegne incondizionatamente il digit collegato al dispositivo e forza a 0 l'uscita RBO; nel funzionamento normale l'ingresso BI deve essere a massa (0 logico) e può essere sottoposto a impulsi di durata variabile per controllare l'intensità luminosa del visualizzatore. La coppia di segnali RBI (pin 4 , *Ripple Blanking Input*) e RBO (pin 6, *Ripple Blanking Output*) supporta il medesimo meccanismo di *Ripple Blanking* già descritto, al fine di tenere spente le cifre a zero eventualmente presenti a sinistra di un numero. Ricordiamo che per disporre di questo servizio l'ingresso RBI del digit più significativo deve essere forzato a massa e la sua uscita RBO (da collegarsi al RBI del digit successivo) sarà a sua forzata a 0 solo se il codice presente sugli ingressi DCBA è $(0000)_2$.

A margine della descrizione possiamo chiarire il compito dei segnali della sezione contatore:

a) l'ingresso CLR (pin 3, *Clear Input*, attivo basso) quando è a 0 azzera le 4 uscite del contatore e lo tiene bloccato; per un normale conteggio deve essere portato a 1;

b) gli ingressi PCEI (pin 23, *Parallel Count Enable Input*) e SCEI (pin 1, *Serial Count Enable Input*) abilitano il conteggio (*Counting mode*) quando (essendo attivi bassi) sono entrambi a 0;

c) l'ingresso CK (pin 2, *Clock Input*) consente il conteggio "in avanti" in corrispondenza di ogni transizione sul fronte di salita, purché il dispositivo sia in *Counting mode*, cioè con le abilitazioni entrambe a 0 e con Clear a 1;

d) l'uscita MAX (pin 22, *Maximum Count Output*) rimane alta per tutto il tempo necessario a mostrare le cifre da "1" a "8", va a 0 quando sulle uscite DCBA si presenta il numero "9", e torna a 1 quando scatta lo "0", dopo un periodo di clock; in sostanza MAX è utilizzato (per tutto il tempo in cui rimane basso) per controllare il clock di un eventuale 74143 posto in cascata al primo, autorizzandolo a riconoscerne il fronte di salita, necessario per incrementarne il conteggio.

La **figura 19** mostra lo schema di un display a 2 digit di tipo FND507 sul quale può essere visualizzato un conteggio da 0 a 99. Per questo progetto valgono queste considerazioni:

a) il clock è fornito contemporaneamente a entrambi i contatori, essendo essi di tipo sincrono;

b) il secondo contatore incrementa il suo conteggio solo quando il primo ha completato il suo ciclo (per l'azione di gating esercitata da MAX);

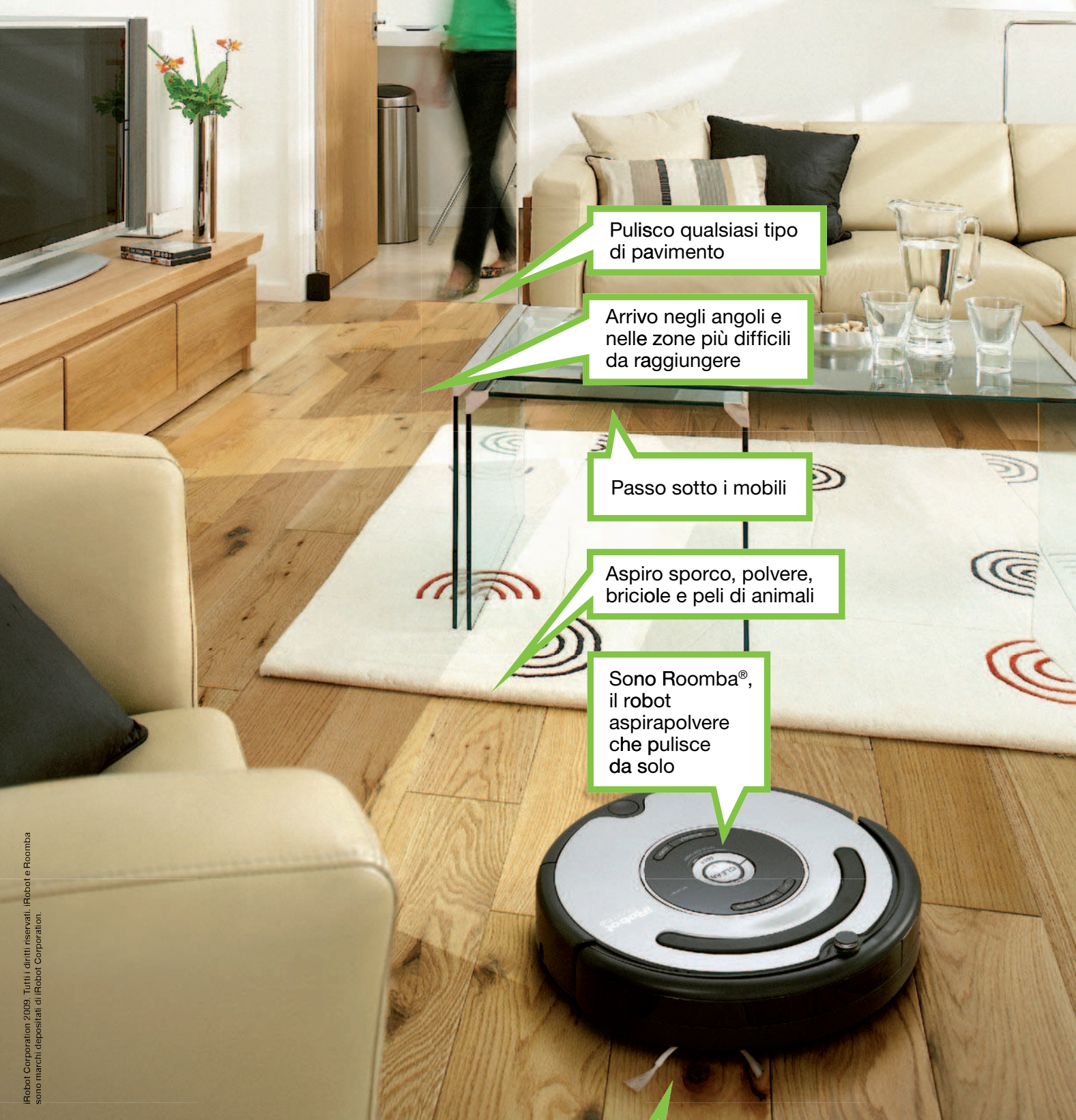
c) lo zero non significativo della cifra delle decine del numero non viene visualizzato;

d) per un normale conteggio CLR va lasciato scollegato (o collegato al +5 V) e STRB va tenuto a massa (memoria disabilitata);

e) per una migliore leggibilità lo schema non porta le uscite dei 4 latches (pin 17, pin 18, pin 19 e pin 20) e le due alimentazioni (GND pin 8 e Vcc pin 24);

f) i punti decimali sono gestibili separatamente e possono essere accesi fornendo un 1 sulla linea Decimal Point Input (pin 7).

Dal punto di vista della gestione dei digit, il 74143 appartiene alla categoria dei decoder con memoria e con driver, come il 4511 (unico disponibile nella serie CMOS) e il prezioso 9368 (unico in grado di mostrare tutti i 16 simboli del sistema di numerazione esadecimale), la cui trattazione sarà oggetto della prossima puntata. La sua memoria interna è di tipo RS Latch e consente di congelare la cifra mostrata indipendentemente dal valore presente, nel tempo, in ingresso. La batteria di amplificatori di corrente (driver) è in grado di assicurare le migliori condizioni di pilotaggio per i LED del digit, rendendo inutile l'impiego di resistori di limitazione in serie: le uscite da "a" a "g" sono progettate per assicurare una corrente assorbita di 15 mA (7 mA per il "dp"), mantenuta costante anche per le possibili variazioni della tensione d'uscita. La massima frequenza ammessa per di clock è tipicamente di 18 MHz e l'assorbimento tipico è di 280 mW. ❑

CODICE MIP 2757017

Pulisco qualsiasi tipo di pavimento

Arrivo negli angoli e nelle zone più difficili da raggiungere

Passo sotto i mobili

Aspiro sporco, polvere, briciole e peli di animali

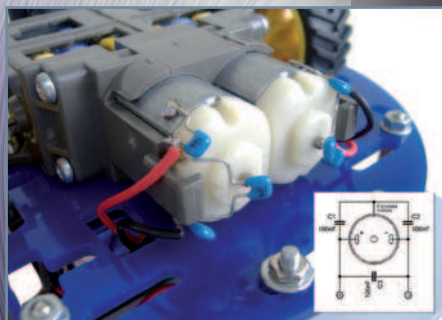
Sono Roomba®, il robot aspirapolvere che pulisce da solo

Pulisco meglio di chiunque, perché sono un robot. Tutti i miei movimenti sono calcolati 64 volte al secondo. Grazie al mio speciale sensore che rileva lo sporco, passo tutto il pavimento più volte e quando è perfettamente pulito, vado alla stanza successiva* oppure rientro alla Home Base per ricaricarmi.
Posso essere programmato** facilmente per pulire dove e quando vuoi tu. Riconosco e pulisco qualsiasi tipo di pavimento, dalle piastrelle ai tappeti, dal parquet alla moquette. Aspiro qualsiasi tipo di sporco: polvere, briciole e peli di animali. Sono così bravo che possiedo molti brevetti e ho vinto premi di design e ingegneria in tutto il mondo. Gli ingegneri che mi hanno progettato hanno costruito anche i miei amici che lavorano per la NASA, ma io preferisco lavorare per le oltre 3 milioni di famiglie che contano su di me. Anche tu, come loro, mi darai un nome (ah, questi umani!). Ma io ho già un nome, **mi chiamo Roomba**.

*Modelli 560, 562, 580 (modelli con Lighthouse in dotazione) **Modelli 555, 560, 562, 580

CODICE MIP 2757591

I prodotti iRobot sono distribuiti in Italia da Nital

www.irobot.it

96 MINI ROBOT CON CUBLOC

Nei precedenti numeri abbiamo realizzato e testato la scheda per robotica basata sul processore CB220 e vari tipi di sensori e moduli di input. Vediamo ora come assemblare un piccolo robot che utilizza la scheda principale, il modulo di comando per motori elettrici e due sensori di contatto.

di Adriano Gandolfo

di ADRIANO GANDOLFO

MINI ROBOT con CUBLOC

Nei precedenti numeri abbiamo realizzato e testato la scheda per robotica basata sul processore CB220 e vari tipi di sensori e moduli di input. Vediamo ora come assemblare un piccolo robot che utilizza la scheda principale, il modulo di comando per motori elettrici e due sensori di contatto

Nel numero 291 di Fare elettronica (settembre 2009) si è proceduto alla costruzione della scheda per robotica basata sul processore CB220 della serie CUBLOC prodotto dalla Comfile Technology; nel numero 292 (ottobre 2009) abbiamo invece visto come realizzare alcuni dispositivi che permettono l'interfacciamento con il mondo esterno. Assembliamo ora un piccolo robot.

CARATTERISTICHE DEL ROBOT

Il robot presenta le caratteristiche elencate qui di seguito:

- telaio realizzato con disco in materiale acrilico e profili in alluminio fissati con viteria zincata;
- motorizzazione con doppio motoriduttore e rapporto di riduzione 203:1;
- scheda di controllo con microcontrollore Cubloc CB220, basato sul microcontrollore Atmel Atmega128 (8 bit RISC);
- linguaggio di programmazione BASIC;
- due sensori di contatto anteriori;
- buzzer di segnalazione e pulsante di attivazione;
- navigazione autonoma;
- sorgente di alimentazione: 3,6V (3x1,2 tipo AA) batterie ricaricabili NiMH alimentazione motori, 9V alimentazione scheda controllo;
- dimensioni: 150x127 mm;
- altezza: 95 mm;
- peso: 468 g (incluse batterie).

Tutto il materiale necessario è elencato nella **Lista Componenti**. Sono necessari anche degli attrezzi per il montaggio: un cacciavite, una pinza, una forbice da elettricista, delle pinzette, saldatore e stagno per le saldature, cavi di vario colore per i cablaggi elettrici.

I principali componenti del robot
Scheda controllo robot con CB220

La scheda di controllo del robot (**figura 1**) è basata sul processore CB220, il microcontrollore più piccolo del sistema CUBLOC prodotto dalla Comfile Technology, basato sul microcontrollore Atmel Atmega128 (8 bit RISC). Ha una me-

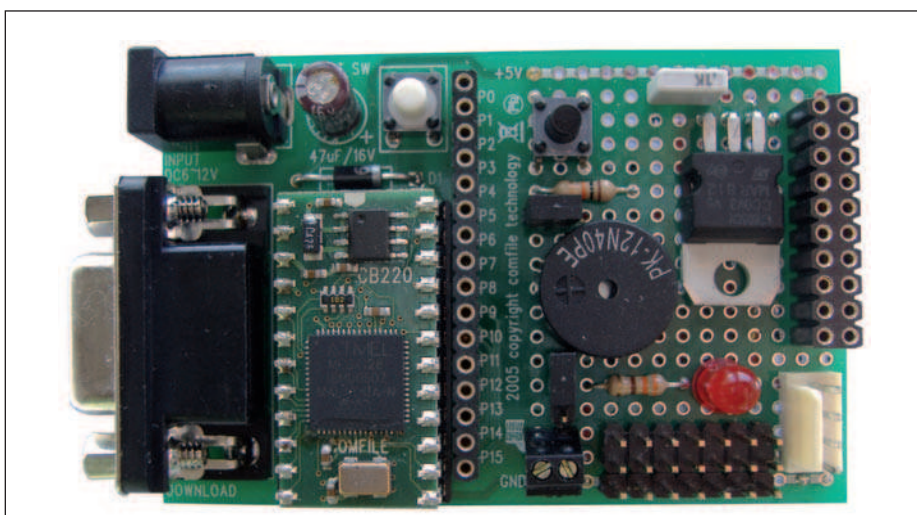



Figura 1: la scheda di controllo.

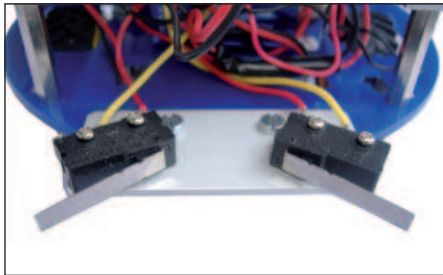



Figura 2: posizione dei sensori di contatto.

moria programma Flash da 80 KB, RAM da 2 KB (BASIC), 1 KB (LADDER Logic), una EEprom da 4 KB, 16 I/O configurabili e presenta una velocità di esecuzione di 36.000 istruzioni/s. Per quanto riguarda le interfacce disponibili, troviamo due porte seriali (una a livello RS232C e una TTL), otto canali di ingresso analogici con ADC a 10 bit, tre canali di uscita di tipo PWM e due contatori hardware a 32 bit ad alta velocità (2 MHz). La tensione di alimentazione può essere compresa tra i 6 e i 12 V in quanto il processore è dotato di un proprio regolatore di tensione.

Modulo sensori di contatto

Questo modulo permette di sapere se il robot è venuto a contatto con un oggetto e di provvedere, di conseguenza, all'attivazione di un motore. Il modulo è formato semplicemente da due microinterruttori a lamella connessi tramite le morsettiere alle porte del processore.

Modulo comando motori DC

Il modulo pilota i due motori elettrici, consentendone il controllo sia della velocità, sia del senso di rotazione, tramite comandi inviati su linea seriale. Il modulo si basa sul Micro Dual Serial Motor Controller prodotto dalla Pololu Robotics and Electronics. Questo controller consente di pilotare due motori con 127 passi di velocità in due direzioni mediante semplici comandi che sono impartiti dal processore tramite la linea seriale e una contatto utilizzato per il reset del modulo.

Descrizione dei pin

Il modulo ha 9 pin in linea, ognuno con una sua funzione:

PIN 1: alimentazione motori (1.8÷9.0V);
PIN 2: contatto di massa (0V);
PIN 3: alimentazione integrati (2.5÷5.5V);
PIN 4: pin di input linea seriale;
PIN 5: RESET;
PIN 6: uscita alimentazione positiva, motore 1;
PIN 7: uscita alimentazione negativa, motore 1;
PIN 8: uscita alimentazione positiva, motore 0;
PIN 9: uscita alimentazione negativa, motore 0.

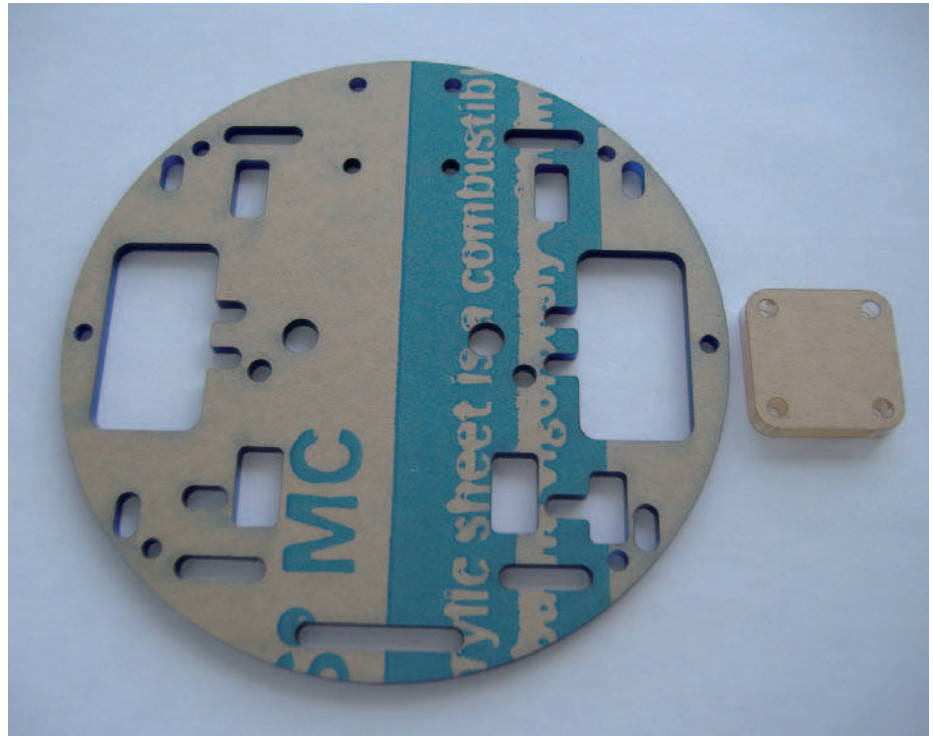



Figura 3: la base del robot.

Chassis-Round Robot Chassis Pololu

Chassis in materiale acrilico tagliato al laser; per le sue dimensioni 127x3 mm è poco più grande di un CD, dispone di molti fori e scanalature per il montaggio di sensori, motori ruote, *ball caster* e altro.

Gruppo motore

Il gruppo motore è rappresentato dal doppio motoriduttore prodotto dalla Tamiya **figura 4**, (codice 70097) questo è molto compatto (solo 7,5 cm di lunghezza,), contiene due piccoli motori DC che trasmettono il moto a due assi esagonali da 3 mm separati. Si può assemblare in due diversi rapporti di riduzione: veloce 58:1 o lento 203:1. Il motoriduttore presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

LISTA COMPONENTI

1	**Scheda di controllo robot con CB220**
1	**Modulo sensori di contatto con 2 microswitch a levetta**
1	**Modulo controllo motori DC**
1	**Chassis - Round Robot Chassis Pololu**
1	**Doppio motoriduttore Tamiya ITEM.70097**
1	**Ball caster Tamiya ITEM. 70144**
1	**TRUCK TIRE SET Tamiya ITEM. 70101*250**
1	**Porta batterie plastico adatto ad accogliere tre batterie di tipo stilo (AA), terminali a clip**
1	**Deviatore a leva miniatura 2 vie on-o-on**
4	**Distanziali esagonali M3x25**
4	**Distanziali esagonali M3x15**
2	**Profilato in alluminio L 25x15x1,5 l=100mm**
2	**Profilato in alluminio piatto 15x2 l=95mm**
1	**Profilato in alluminio piatto 25x2 l=60mm**
	Viti M3x10
	Dadi M3

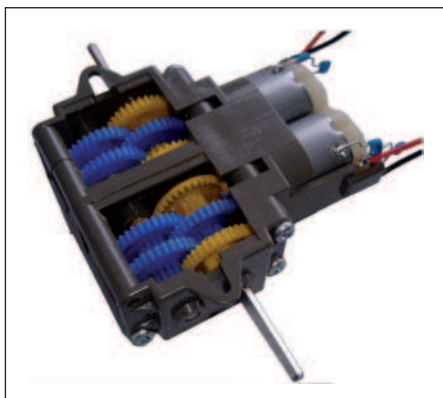



Figura 4: il motoriduttore del robot.

- alimentazione: 3 Vdc (4.5 max);
- tipo motore: FA-130;
- coppia: 4.6 gcm;
- velocità: 13.230 rpm;
- corrente: 0.5 A
- rapporti: 58:1 - 203:1;
- dimensioni: 75 x 50 x 23 mm.

In **figura 5** è visibile lo schema di collegamento dei condensatori utilizzati come filtri antidisturbo. Essi servono a sopprimere i disturbi causati dallo scintillio del motore elettrico, infatti, lo sfregamento delle spazzole sul collettore può causare interferenze con la circuiteria elettronica. Per questo occorre saldare tre condensatori ceramici (o meglio poliestere) da 100 nF, uno tra positivo e carcassa, uno tra negativo e carcassa e uno tra positivo e negativo.

Figura 5: collegamento dei condensatori antidisturbo.

Ruote

Le ruote montate sul gruppo motore (**figura 6**) sono contenute all'interno del Truck Tire Set di produzione Tamiya (codice 70101). Hanno un diametro di 36 mm e una copertura di gomma di 15 mm di larghezza che conferisce loro un grip eccellente.

Figura 6: le ruote del robot.

Terzo punto di appoggio

Come terzo punto d'appoggio si utilizza una ball caster (**figura 7**) prodotta dalla Tamiya (codice 70144), composta di una piccola sfera di acciaio inox che scorre su tre rullini anch'essi in acciaio. Per il nostro robot occorre assemblare la versione con altezza totale di 25 mm. Nel kit sono già presenti le viti per il montaggio.

REALIZZAZIONE PRATICA

Il montaggio del robot prevede alcune fasi preliminari:

- assemblaggio del gruppo motoriduttori;
- assemblaggio delle ruote;
- assemblaggio del ball caster.

Per il montaggio occorre seguire le istruzioni contenute nelle confezioni. Per i motoriduttori si seguiranno le istruzioni per l'assemblaggio della versione con riduzione di 203:1. Si dovranno poi tagliare e sagomare i profili di alluminio per realizzare il telaio del robot, seguendo le indicazioni riportate nella **figura 8**. Come materiale si utilizzeranno dei profilati in alluminio che potranno essere acquistati presso

Figura 7: la sfera, terzo punto di appoggio del robot.

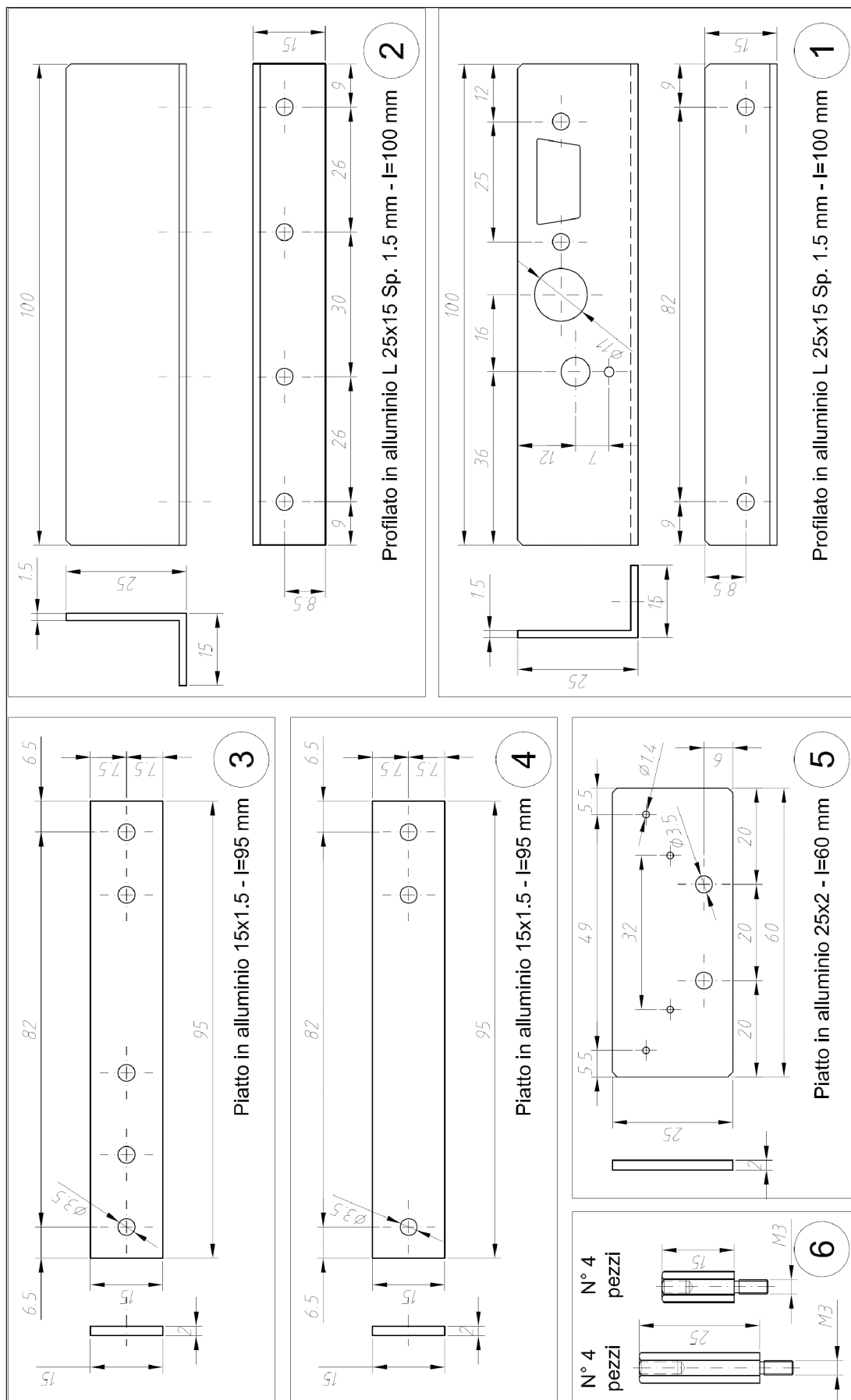
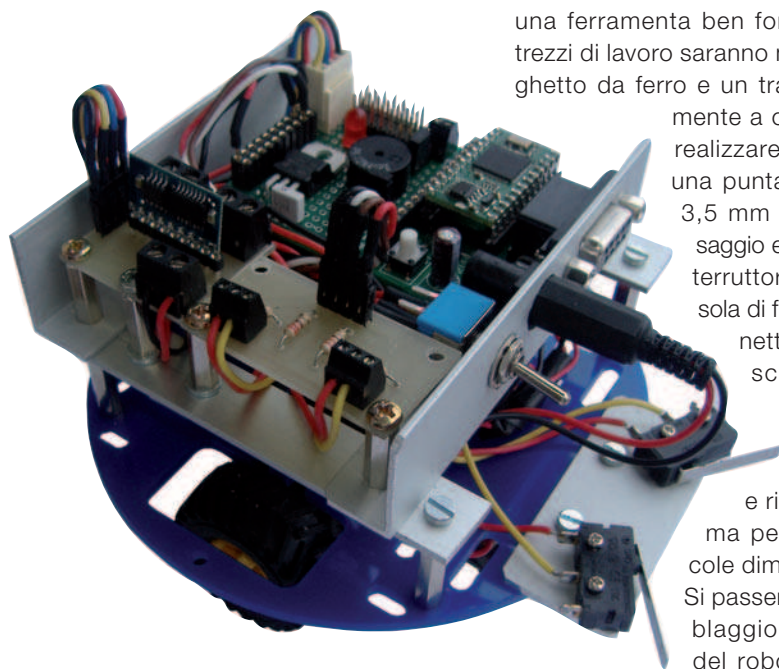



Figura 9: robot a montaggio finito.

una ferramenta ben fornita. Come attrezzi di lavoro saranno necessari un seghetto da ferro e un trapano (possibilmente a colonna) con cui realizzare i fori mediante una punta dal dimetro di 3,5 mm per i fori di fissaggio e 6,5 mm per l'interruttore a levetta. L'asola di fissaggio del connettore RS232 della scheda sarà da realizzare con una serie di fori ravvicinati e rifinita con una lima per metalli di piccole dimensioni.
Si passerà poi all'assemblaggio vero e proprio del robot partendo dal disco di base e si fisseranno i vari componenti utilizzando dove possibile i fori presenti sulla base, o realizzandone sui profili di alluminio. In **figura 9** si vede come sono montati i vari particolari. Una volta completato il montaggio meccanico si passerà alla realizzazione del cablaggio elettrico seguendo lo schema riportato in **figura 10**. Per il collegamento dei moduli alla scheda si utilizzano i connettori CON3 e CON5 (**figura 9**).
Il collegamento tra la batteria 9 V e la presa CON2 si realizzerà utilizzando una presa polarizzata che deve avere il positivo all'interno e il negativo all'esterno.

COLLAUDO DEL ROBOT

A questo punto, dopo aver ricontrollato i vari collegamenti, si può procedere al suo collaudo. Si utilizzerà il programma CUBLOC STUDIO che avrete già scaricato gratuitamente dal sito della Comfile Technology (http://cubloc.com). Al lancio del programma si visualizzerà la finestra di avvio. Si collegherà quindi la scheda al

10: Schema del cablaggio elettrico del robot.

TABELLA 1 - DESCRIZIONE DEL PIN-PORTE UTILIZZATE

PORTA	PIN	CONNETTORE	DESCRIZIONE
P0	5	CON3	Sensore DX
P1	6	CON3	Sensore SX
P7	12	CON3	Buzzer
P10	15	CON5	Reset modulo motori
P11	16	CON5	TX RS232C modulo motori
P13	18	CON5	Pulsante P1

computer tramite un cavo RS232 connesso al connettore CON1, e si alimenterà la scheda agendo sull'apposito deviatore. Alimentato il circuito si dovrà accendere il LED rosso D2 che segnala la presenza della tensione di alimentazione. Per il collaudo del robot sono previsti due piccoli programmi che permettono di testare la scheda sensori e la scheda motori separatamente. Questi, come il programma principale, si potranno scaricare dal sito di Fare Elettronica.
Una volta caricato il programma, si trasferirà al processore utilizzando il comando RUN (CTRL+R). A questo punto si spegnerà il robot, e si scollegherà il cavo seriale; si posizionerà il robot a terra in una zona libera e si accenderà nuovamente il robot agendo sull'interruttore, si premerà il pulsante P1 presente sulla scheda. A questo punto il robot dovrebbe avanzare in linea retta.
Nel caso in cui il robot avesse la tendenza ad andare a destra o a sinistra, occorrerà modificare i valori delle variabili SPEED_R e SPEED_L (valori compresi tra 0 e 127, il valore di partenza è 50) all'interno del programma, trasferendolo nuovamente sulla scheda di controllo con la procedura vista sopra. Questo sino a quando l'andamento sarà soddisfacente. Si verificherà poi il comportamento del robot nel caso dello scontro con degli oggetti: deve compiere le azioni imposte dal programma per aggirare l'ostacolo. Il programma è ben documentato e si potrà vederne il funzionamento.

CONCLUSIONE

Il robot qui descritto è solo un esempio, ognuno potrà personalizzarlo come vuole, aggiungendo sensori o cambiando il modulo di pilotaggio dei motori. Anche Il programma utilizzato è solamente una base, potrete modificarlo per aggiungere nuove funzioni. Essendo state utilizzate solo sei porte, ne restano molte libere per utilizzi futuri. ❑

CODICE MIP 2757001

www.baronerosso.net

mappa del sito | contatta

Imbuter2000 (User)

Saldare bene... qual è il trucco?

Mi sono preso un Dremel Versatip per saldare (brasare a stagno) dei connettori alle batterie ma ho due problemi:
- lo stagno fa spesso "pallina" invece che aderire ai contatti
- un pezzo significativo della punta del Versatip è come svanito nel nulla tutto a un tratto... e perciò fra poco prob. la punta si romperà...

Sono sfigato io o ci sono dei semplici accorgimenti per prevenire entrambi i problemi?

cl004 (User)

Un buono stagno risolve tutto. se le le difficoltà continuano, ci si può aiutare con un po di flussante. 🙂

Imbuter2000 (User)

Avresti da suggerirmi uno stagno?
Il flussante è quella specie di residuo liquido che si vede a volte mentre sciogli lo stagno? è elettricamente conduttivo? come si usa?

rivp6 (User)

1) saldatore di qualità/potenza/temperatura adeguata alla saldatura, niente pistole o saldatori simili. 15w per smd, 30w per compomenti su pcb, 50/75w per connettori di batterie o altre saldature pesanti
2) punta sempre perfettamente pulita e non ossidata
3) stagno di buona qualità, magari quello vecchio non rohs
4) prestagnatura delle parti da saldare
5) terminali puliti, non ossidati e sgrassati
6) scordati pastasalda e flussante (non quello x smd) che usano solo gli stagnini per i tubi... rovinano solo la punta del saldatore

edit: se fa la pallina vedi punto 1,2,3,5

Imbuter2000 (User)

Concretamente, quale marca/modello di stagno mi consigli di comprare?
"ossidata" = visibilmente arrugginita?

biagio555 (User)

oltre tutto quello che ti è stato già detto, quando si salda bisogna prima stagnare i pezzi in questo modo appogiare la punta del saldatore al pezzo e aspettare che questo si riscaldi nel momento di mettere lo stagno non bisogna appoggiarlo al punta del saldatore ma farlo sciogliere sul pezzo stesso, questo fa agire bene il flussante ed evita saldature fredde, poi nella saldatura riscaldare prima il pezzo con massa maggiore poi senza togliere il sadatore avvicinare il pezzo più piccolo ed infine aggiungere lo stagno senza farlo sciogliere sulla punta ma sui pezzi stessi.
Spero di essere stato chiaro.

Imbuter2000 (User)

Grazie mille della spiegazione. Unico problema: saldando, come dici tu, dei connettori ai cavi di una grossa batteria LiPo, non rischio di scaldare troppo il cavo della batteria e di conseguenza di danneggiare la batteria?

biagio555 (User)

assolutamente no , innanzitutto bisogna avere la punta del saldatore pulita e prima di avvicinarla al cavo stagnata questo perchè trasferisce subito il calore al rame, poi l'unico modo per avere una saldatura perfetta bisogna fare in modo che tutti e tre gli elementi abbiano la stessa temperatura e questo si ottiene solo come ho detto prima, se tu avvicini lo stagno solo alla punta fai vanificare l'effetto del flussante contenuto nello stagno e le saldature vengono fredde e peggio ancora e come se ci fosse una resistenza all'interno della saldatura.

Imbuter2000 (User)

Ah, quindi dovrei portare a 150-200° anche la punta del cavetto della batteria?

biagio555 (User)

ripeto passo passo come si esegue:
1-pulire la punta del saldatore e stagnarla subito dopo facendo colare lo stagno con un movimento rapido della mano
2-avvicinare la punta del saldatore all'estremità del cavo e poggiare il filo di stagno diametralmente opposto al cavo di rame (senza toccare la punta del saldatore dopo pochissimo tempo vedrai che si scioglie lo stagno e agisce il flussante al suo interno e la punta del cavo è stagnata
3-fare la stessa cosa sul terminale del connettore
4-poggiare la punta sul terminale del connettore nello stesso tempo mettere l'estremità del cavo facendo in modo che la punta del saldatore si trovi al centro tra il connettore ed il cavo questo in pochi secondi porta tutto alla stessa temperatura aggiungi dello stagno sopra ed è fatta.

gianca2 (User)

I colleghi hanno già dato preziosi consigli. aggiungerei solo che per stagnature o anche brasature ben fatte e a prova di tenuta meccanica è sufficiente bagnare con poco flussante (liquido è molto meglio di quello in pasta! ne trovi uno molto buono da lineamodel.it art. 10011) lo devi spalmare con un pennellino in modo che bagni appena le due superfici da saldare, poi devi appoggiare il saldature ben caldo sul metallo per scaldarlo e contemporaneamente anche lo stagno ma il più possibile accanto al saldatore per agevolarne la fusione, vedrai che appena lo stagno si fonderà sarà letteralmente "bevuto" dalla giunzione tra i due pezzi metallici da unire in saldobrasatura, depositandosi in modo uniforme e perfetto sulle superfici da saldare anche se esse saranno compresse tra di loro per metterle in posizione corretta (infatti lo stagno penetrerà tra le due superfici andando a sostituire il velo di flussante cosparso precedentemente sulle superfici stesse).

gianca2 (User)

Certo, il flussante nell'anima del filo di stagno aiuta l'espansione della lega saldante sul metallo da saldare (o brasare) e favorisce soprattutto la fusione senza creare grumi.
Saldare a stagno è veramente un'arte..
Una cosa importantissima è usare sempre stagno vergine (quando lo stagno ad esempio staziona sulla punta calda per alcuni secondi, pulite la punta e non usatelo.. e in ogni caso mai e dico MAI mettere lo stagno sulla punta del saldatore per depositarlo sul pezzo da saldare!) e soprattutto usare POCO stagno.. per saldare ne occorre una quantità veramente minima! Il flussante ben distribuito solo sull'area di lavoro (e in pochissima quantità anch'esso) lo porterà letteralmente solo dove avete distribuito il flussante. Usarne di più significa ottenere saldature con debordamenti di lega saldante ovunque, grossolane e spesso fredde.
Dimenticavo di rispondere alla tua seconda domanda.. No il flussante vaporizza appena il pezzo si salda e quello eventualmente in eccesso, comunque, cola via e non interferisce con la conduttività elettrica.

Imbuter2000 (User)

Grazie mille gianca! mi hai dato spiegazioni chiarissime e utilissime!

NNTP.IT » Forum » Newsgroups it.hobby.* » it.hobby.elettronica » Calcolo potenza su aplificatore

Visualizza prima i non letti — Strumenti discussione

02-10-2009, 21.24.54 — #1

Fede

Calcolo potenza su aplificatore

Ciao,
chiedo aiuto ai più esperti.
Devo calcolare la potenza dissipata da un amplificatore di cui conosco:
- Topologia: Classe AB
- Tensione di alimentazione: 10V singola alimentazione
- Corrente uscita: 100mA sinusoidale
- Tensione di uscita: 2Vpicco sinusoidale + 2.5Vdc
Mi manca qualcosa? Di ampli proprio non ne capisco...
Grazie

02-10-2009, 22.25.01 — #2

Englishman

Re: Calcolo potenza su aplificatore

Fede ha scritto:
> Devo calcolare la potenza dissipata da un amplificatore
Perche'? (domanda ineludibile)
> - Topologia: Classe AB
Il rendimento max teorico di un A. in classe B e' del 70% circa, in AB
per definizione, meno.
> Mi manca qualcosa?
Il carico?
La corrente assorbita a riposo (potrebbe non essere banale, nei casi reali)?
Le condizioni in cui considerare la potenza dissipata (senza segnale,
poco prima del clipping)?

03-10-2009, 09.00.57 — #3

Fede

Re: Calcolo potenza su aplificatore

> Perche'? (domanda ineludibile)
Per capire se mi va arrosto...
> Il carico?
Il carico è un C-R serie. C collegato all'uscita, poi R serie verso massa.
> La corrente assorbita a riposo (potrebbe non essere banale, nei casi reali)?
Mi intercorrerebbe nel caso di funzionamento continuo.
> Le condizioni in cui considerare la potenza dissipata (senza segnale,
> poco prima del clipping)?
Non ho capito la domanda.. :-((
Grazie

03-10-2009, 12.04.19 — #4

Englishman

Re: Calcolo potenza su aplificatore

Fede ha scritto:
> Per capire se mi va arrosto...
OK. Cominciamo dal piccolo...
Perche' credi che un A. possa andare arrosto, in funzione della potenza
dissipata?
> Il carico è un C-R serie. C collegato all'uscita, poi R serie verso massa.
Va bene, ma il valore?
>> La corrente assorbita a riposo[...]?
> Mi intercorrerebbe nel caso di funzionamento continuo.
La risposta e' in una lingua che non conosco.
>> Le condizioni in cui considerare la potenza dissipata (senza segnale,
>> poco prima del clipping)?
> Non ho capito la domanda.. :-((
Negli amplificatori, genericamente, la potenza dissipata e' funzione (ma
non ti dico quale) della potenza di uscita piu' una quantita' fissa.
In un amplificatore che si comporta come un generatore di tensione (il
99% degli amplificatori audio, per capirci), la potenza di uscita e'
funzione del valore del carico, e della tensione su di esso.
Quindi per cominciare a capire qualcosa, serve a) il valore del carico
b) la tensione presente ai capi del carico...
.... e la potenza dissipata che si calcolera' sara' quella "in funzione
della potenza di uscita specificata" e non una altra.
Si puo' provare (ma lo vedremo, se vorrai, piu' avanti) a calcolare la
Pdmax possibile (anche qui, in funzione del carico) oppure una Pdmedia
assumendo alcune considerazioni come fatti certi.

FiserTek
Robotica sperimentale

www.FiserTek.it
forum di supporto al sito

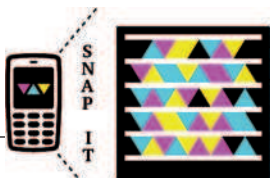
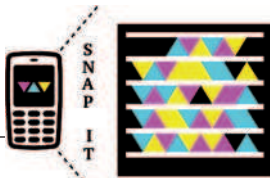
Indice » Elettronica » elettromontaggi — Tutti gli orari sono UTC +1 ora [ora legale]

Dissipatori

Moderatori: fiser, tls-service

Stampa pagina — Precedente | Successivo

Autore	Messaggio
Razziatore	**Oggetto del messaggio:** Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 15:54 Ciao a tutti, Alcune domande sui dissipatori per i componenti di potenza (dai Transistor ai 78xx che scaldano come addannati quando gli si chiede corrente): - Come li dimenzionate? Come determinate che per disipare x W ci vuole un disipatore di una certa grandezza? - E' una volta dimenzionate come decidete quale dissipatore prendere? Voglio dire più grande è meglio è sicuramente ma è meglio che il dissipatore stia tutto "dietro" al chip o puo' stargli anche affianco? Mi spiego: In questa foto si vedono i due componenti condividere lo stesso dissipatore che eccede parecchio il "profilo" dei due chip. In quest'altro caso il dissipatore è tutto sul chip. C'è differenza a parità di volume ferro/aria? - Ultima, ma non meno importante, Dove li torvate? Io l'unico dissipatore che ho è quello di un vecchio chip audio [:D]... pensavo di riutilizarlo prima o poi... ma è molto piccolino, forse per un 7805 va bene ma più di li non posso spingermi...
fiser	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 16:56 vado di fretta e do una risposta al volo. per prima cosa già in fase progettuale occorre fare in modo che non venga dissipata in calore troppa potenza. se un componente scalda oltre certi limiti è meglio cambiare progetto piuttosto che cambiare aletta. questo è un primo passo.
akuryu	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 21:05 poi se non sbaglio quei profilati li ha ricavati Fiser (parlo della prima foto) con un profilo di alluminio a cui ha avvitato (puoi anche rivettare) dei profili ad "u" o a "w", trovi questi profili in negozi come castorama OBI scaramuzza e quant'altro
Razziatore	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 22:02 Pensavo fosse un dissipatore per CPU, pensavo fosse un dissipatore di un Pentium III o qualcosa del genere.
fiser	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 22:06 e infatti lo è. solo che ci ho aggiunto un profilo ad L per rendere piu facile il fissaggio con i finali.
Razziatore	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 22:10 Comunque volevo fare un discorso più generale, indipendnemente da quello che ha fatto Fiser in un caso specifico Se ho un progetto di potenza come mi organizzo?
fiser	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 22:21 ti devi organizzare in fase progettuale con questa regola: devi generare meno calore possibile. poi quel poco calore che comunque fai lo smaltisci abbastanza bene senza eccessivi problemi. faccio un esempio prendi il famoso 7805 e fai il solito progettino per alimentare qualcosa. basta guardare lo schema per capire che il 7805 lavora in serie al circuito da alimentare, quindi tutta la corrente che deve arrivare al circuito è la stessa che la attraversa. a questo punto se tu in ingresso gli dai 15 volt ottieni già la potenza che deve smaltire in calore in base alla corrente che lo attraversa. per esempio 15 volt input - 5 volt out =10 volt di caduta. metti che deve passare 500 mA devi fare 0,5*10 =20 watt (W=V*I) 20 watt capisci da solo che è di fatto un SALDATORE pronto a fonderti lo stagno e certo non è facile schiaffargli un radiatore da auto. pero se dai 7 volt invece di 15 in ingresso ottieni una caduta di 2 volt che a 0,5 A fa 4 watt di calore. molto piu facile da smaltire.
fiser	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 22:26 tra l'altro fare una aletta massiccia non serve a niente. l'aletta deve solo smaltire il calore nel piu breve tempo possibile. la quantita di calore scambiata con l'ambiente è anche proporzionale alla differenza di temperatura che c'è tra ambiente e superfice radiante. quindi non potrai mai aspettarti un transistor FREDDO solo perchè hai messo il radiatore. mettere un radiatore MASSICCIO vuol dire SOLO accumulare calore e non smaltirlo. quindi la cosa importante è la superfice radiante e il contatto con l'aria. anche il colore ha la sua importanza ed è stato dimostrato che il nero irradia di piu rispetto al bianco.
cappy	**Oggetto del messaggio:** Re: Dissipatori — **Inviato:** 07/05/2009, 23:48 molto spesso ho sentito parlare di questo discorso, ed in diversi anni di informatica ho capito che esistono due scuole di pensiero, quelle di chi calcola il raffreddamento perfetto, convinto del fatto che ogni componente soggetto ad amumento della temperatura deve essere raffreddato si ma calcolando che tale X componente ha una temperatura ottimale di lavoro, mentre c'è chi è convinto che la dissipazione forzata o addirittura un raffreddamento oltre misura comporti sempre un miglior comportamento da parte dei componenti. Come chi pensa che raffredando oltre misura un processore per pc questo aumenti la velocità di calcolo in favore delle prestrazioni globali del pc, cosa non vera e smascherata, dalla gloriosa rivista MC Microcomputer.Tale verità purtropposviluppa in taluni un isterico diniego... Ciao

Visualizza ultimi messaggi: Tutti i messaggi — Ordina per: Ora di invio — Crescente — Vai

INFO | LO STAFF | AVVISI

Roboitalia
www.roboitalia.com

BLOG | FORUM | GMAIL

Roboitalia.com - Il primo portale in Italia sulla robotica amatoriale > Forum di robotica di base > Elettronica Generale

quando un motoriduttore è in stallo?

Username | Ricordami?
Password | Entra

Registrazione | Faq | Community | Calendario | I messaggi di oggi | Cerca

Visualizza prima i non letti | Strumenti discussione | Modalità visualizzazioe

---

26-09-2009, 19.52.48 — #1

skyfies
Robottaro senior

Data registrazione: 23-01-2009
Messaggi: 34
Potenza reputazione: 5

quando un motoriduttore è in stallo?

ciao .
stavo dando un occhiata ai motoriduttori che sergio ha usato del discus e dal sito robotitaly leggo:

*Questo motoriduttore offre una coppia di oltre 3 Kg*cm, una velocita' di rotazione di 0.26 s / 60? (38 rpm - poco piu' lento di un servo), a 5V con un consumo di circa 52 mA a ruota libera e 600 mA in stallo.*

allora quando è in funzione assorbe 52mA, quando è fermo vuol dire che non è alimentato, e quando è in stallo 600nA

ma in questo caso cosa significa ***stallo***??

27-09-2009, 09.17.32 — #2

ribellion
Robottaro sostenitore

Data registrazione: 05-01-2007
Messaggi: 546
Potenza reputazione: 54

quando un motore va in stallo, vuol dire che è alimentato ma è bloccato e non può muoversi, di conseguenza assorbe una corrente molto piu alta di quella nominale

---

27-09-2009, 09.19.42 — #3

Myzhar
Robottaro gold

Data registrazione: 07-04-2008
Messaggi: 156
Potenza reputazione: 69

Lo stallo è la condizione per cui al motore viene chiesto di andare alla massima velocità (PWM al 100% o tensione applicata massima) e il rotore viene tenuto fermo.

Il motore cercando di vincere la condizione di stallo consuma la sua massima corrente che in questo caso sono 600mA.

La condizione di stallo si può verificare sia bloccando manualmente le ruote, sia nel caso in cui il peso del rover è troppo alto e lo spunto iniziale non riesce a vincere l'inerzia.

Quando si sceglie un driver per un motore si fa sempre in modo che possa supportare almeno quasi il doppio della corrente di stallo del motore così da essere "quasi" sicuri che una condizione anomala non "frigga" il driver stesso.

27-09-2009, 19.07.01 — #4

skyfies
Robottaro senior

Data registrazione: 23-01-2009
Messaggi: 34
Potenza reputazione: 5

Citazione:

> Quando si sceglie un driver per un motore si fa sempre in modo che possa supportare almeno quasi il doppio della corrente di stallo del motore così da essere "quasi" sicuri che una condizione anomala non "frigga" il driver stesso.

per driver intendi il ponte h?

27-09-2009, 20.57.55 — #5

Myzhar
Robottaro gold

Data registrazione: 07-04-2008
Messaggi: 156
Potenza reputazione: 69

Citazione:

> Orginalmente inviato da **skyfies**
> *per driver intendi il ponte h?*

Si, esattamente

Post Reply

Lo shop della Community dell'elettronica

PRIMO PIANO

Un eBook sugli amplificatori operazionali

Gli e-Books sono stati recentemente creati per divulgare la conoscenza dell'elettronica rendendo disponibili prodotti di elevata qualità a costi accessibili, utilizzando le moderne tecnologie.
Testo digitale in formato PDF ad alta risoluzione interamente dedicato agli amplificatori operazionali.

INDICE DEGLI ARGOMENTI:

1. L'Amplificatore Operazionale
2. La reazione nell'opamp non invertente
3. La reazione nell'opamp invertente
4. L'Amplificatore Operazionale in alternata
5. L'amplificatore differenziale
6. L'operazionale a reazione di corrente
7. L'alimentazione degli operazionali
8. Operazioni matematiche con gli operazionali
9. L'operazionale comparatore
10. L'operazionale negli oscillatori
11. L'operazionale nei filtri attivi
12. L'opamp nei regolatori e nei convertitori
13. L'opamp come raddrizzatore ed altri circuiti
14. Bibliografia e riferimenti

CODICE: EB-OPAMP
PREZZO: € 14.40

Pillole di... Microcontrollori PIC

NOVITA'

Un nuovissimo volume di ben 216 pagine dedicato alla progettazione e alla programmazione in C dei microcontrollori PIC. Il libro tratta vari modelli di PIC dal 16F877A al 18F4550.
Ecco l'indice degli argomenti:
- I microcontrollori ed i sistemi embedded
- Gli strumenti di sviluppo
- Hello word!
- Gli input digitali
- I Timer e gli interrupt
- Gli ingressi analogici
- Capture Compare PWM
- Il PIC scrive: LCD alfanumerici
- Il PIC disegna: LCD grafici
- La periferica USART
- La periferica MSSP: I2C e SPI
- USB: Universal Serial Bus
- I PIC in rete: connettività con Ethernet
- EEPROM interna, memoria FLASH e altre librerie

I numerosi esempi pratici di programmazione scritti in mikroC ti consentiranno di gestire tutte le periferiche del PIC in modo facile e veloce.
Autore: Paolo Rognoni
Formato: 17x24cm
Pagine: 216

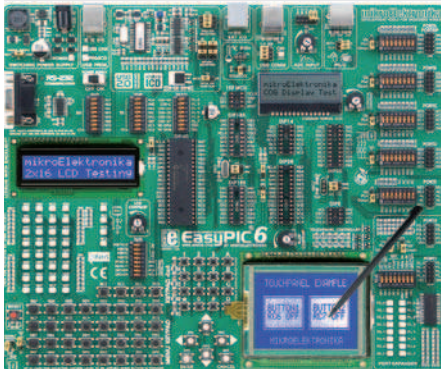
CODICE: FE-40
PREZZO: €27.50

NOVITA'

Creare ingressi costanti

La board EasyInput offre un **dip-switch a 8 vie** per creare inputs costanti facilmente per tutte le boards di sviluppo Mikoelektronika serie "EasyXXX". Utile in applicazioni a input statico, conserva spazio e permette una densità di circuito incrementata. È possibile selezionare la referenza comune come Vcc o GND.

CODICE: EP-EASYINPUT
PREZZO: € 6.60

NOVITA'

La nuova scheda di sviluppo per PIC

EasyPIC6 è una scheda di sviluppo di grandi caratteristiche per i microcontrollori PIC Microchip 8/14/18/20/28/40-pin. La nuova EasyPIC6 include: controller touchscreen, programmatore USB2.0, debugger in-circuit USB2.0, display COG on-board, interfacce display LCD/GLCD e molti altri dispositivi I/O utili.

Caratteristiche chiave e dispositivi on-board:
- USB 2.0 In-Circuit-Debugger (ICD).
- USB 2.0 programmer.
- COG (Chip On Glass) seriale (uses a port expander) display 2x16 caratteri.
- 2x8 bit port expander (MCP23S17)
- Porta RS-232 con connettore DB9.
- 4x4 keypad.
- Menu keypad (pulsanti sinistra, destra, su, giù, invio, cancella).
- Socket per sensore temperatura DS1820 opzionale (DS1820 non incluso).
- Sockets per microcontrollori PIC 8/14/18/20/28/40-pin.
- Interruzione alimentazione con interruttore ON/OFF e possibilità di alimentare la board da USB o alimentazione esterna.
- Potenziometro per testing convertitore AD.
- 36 switches pus-buttons.
- 36 LED.
- Scelta porta su/giù.
- Interfaccia LCD alfanumerico (LCD non incluso).
- Interfaccia LCD grafico (LCD non incluso).
- Controller touchscreen (touchscreen non incluso).
- Oscillatore removibile.
- Circuito di reset.
- Tutte le linee I/O sono disponibili su connettori IDC10 per facile espansione off-board.
- Connettore PS/2.
- Connettore USB per l'uso con PIC abilitato USB.
- Connettore Microchip ICD2/ICD3 per programmazione e debug esterno.

CODICE: EASYPIC6
PREZZO: €154.80

OFFERTA

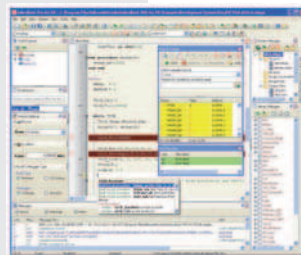
Set di microcontrollori PIC

Una fornitura di microcontrollori PIC comprendente:

Componente	Quantità
PIC16C54B-04/P	29
PIC16C54-JW	6
PIC16C55A-04/P	5
PIC16C55A-JW	2
PIC16C55-JW	1
PIC16C56A-04/P	18
PIC16C56-JW	1
PIC16C57C-04/P	6
PIC16C57-RC/P	12
PIC16C57-XTI/P	11

CODICE: PIC-BUNDLE
PREZZO: ~~€527.80~~ €238.80

OFFERTA

Compilatore C per dsPIC

La versione PRO del famosissimo compilatore C di Mikroelektronika. La versione PRO permette di compilare codici sorgenti ottimizzando al massimo l'uso della memoria interna del microcontrollore. Oltre al miglioramento di molti algoritmi, sono state aggiunte nuove librerie, nuovi esempi di programmazione e sono stati aggiunti nuovi dispositivi supportati.

CODICE: MIKROC-DSPIC
PREZZO: ~~€238.80~~ €166.80

4 e-book ad un prezzo speciale!

Un bundle che comprende quattro ebook Inware Edizioni ed in particolare:
- CPLD, per programmare le logiche programmabili Xilinx
- MikroC, guida alla programmazione in C dei microcontrollori PIC
- PICmicro, guida alla programmazione Assembler dei microcontrollori PIC
- Smartcard, Gli standard, i formati ed applicazioni pratiche

BUNDLE

CODICE: BUNDLE-V
PREZZO: €39.00

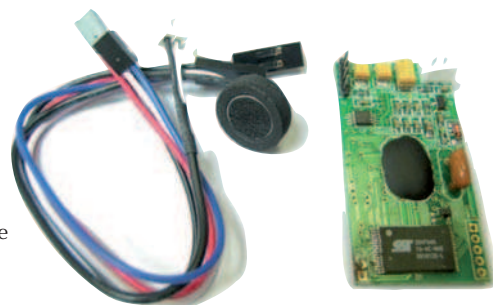
Lo shop della Community dell'elettronica

BEST SELLER

Modulo a riconoscimento vocale per robots

Il modulo VRbot è disegnato per aggiungere la versatile funzionalità di comando vocale ai robots, in particolare ROBONOVA-I e ROBOZAK. Il modulo VRbot fornisce agli utenti un host di comandi Speaker Indipendent (SI) built-in che permettono un controllo base del movimento del robot immediatamente in seguito alla messa in opera del modulo. In aggiunta, gli utenti hanno la possibilità di configurare fino a 32 triggers Speaker Dependent (SD) personalizzabili o comandi per controllare il proprio robot ROBONOVA e ROBOZAK.

Caratteristiche

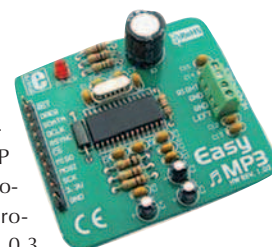
Un host di comandi Speaker Indipendent (SI) built-in (disponibile in Inglese US, Tedesco, Italiano e Giapponese) pronto all'esecuzione di controlli base. Supporta fino a 32 triggers Speaker Dependent (SD) personalizzabili o comandi (qualsiasi lingua) così come Passwords Vocali. Interfaccia grafica utente (GUI) semplice e di facile utilizzo per programmare Comandi Vocali al vostro robot. Lingue correntemente supportate per comandi SI: Inglese US, Italiano, Giapponese e Tedesco. Lingue addizionali saranno disponibili nell'immediato futuro. Funziona con le controller boards Robonova e Robozak MR-C3024.
Il modulo può essere usato con qualsiasi host con un'interfaccia UART (alimentata a 3.3V - 5V).
Protocollo seriale semplice e robusto per accedere e programmare il modulo attraverso la board host.

CODICE: VRBOT
PREZZO: €39.60

AudioWave

Con **AudioWave 2.0** la propria scheda audio diventa un confortevole generatore di segnale LF che genera segnali da 1Hz a 20 kHz con una risoluzione di 1Hz. La fase di scambio tra il canale sinistro e il canale destro è regolabile da -180° a +180° e un attenuatore può essere utilizzato per i passi 0dB, -3dB, -6dB, -10dB, -20dB, -30dB. La frequenza, il livello e l'attenuazione sono regolabili indipendentemente sia per il canale sinistro che destro e, opzionalmente, entrambi i canali possono essere congiunti. AudioWave produce segnali seno e rumore, così come segnali modulati. La frequenza automatica e la progressione di livello sono programmabili. Regolazioni complesse possono essere salvate come presets con nomi chiari.

CODICE: AUDIOWAVE
PREZZO: €35.88

MP3 facile per EasyPIC

VS1001 è una soluzione single-chip per un decodificatore audio MP3 layer 3 con convertitore analogico-digitale e amplificatore auricolare. Il chip contiene un processore DSP (VS_DSP2), a basso-consumo ed alte prestazioni, una memoria di funzionamento, una program RAM da 4KBytes e una data RAM da 0,3 KBytes per le applicazioni dell'utente, un'interfaccia seriale e un'interfaccia input data, un oversamplig di altà qualità e un DAC stereo. il VS1001 riceve il bitstrem attraverso il bus serial input. Gli input vengono decodificati e passano in un oversamplig a 18-bit, multi.bit, sigma-delta DAC. La decodificazione è controllata via serial control bus. In aggiunta la decodificaizone di base, è possibile aggiungere le caratteristiche specifiche dell'applicazione, come gli effetti DSP, alla memoria RAM di programma di VS1001.

CODICE: EP-EASYMP3
PREZZO: €27.60

ECA-408 ECA OPTO-DISK 2006

Contiene il database e la tabella degli equivalenti per i trasmettitori (LED, IRED, Laser diodi, barre LED e array), ricevitori (fotodiodi e transistor, foto resistenze, foto ICs, foto elementi, celle solari e pyrodetectors), fotoaccoppiatori (fotodiodi, transistor e darlington, digital Ics, amplificatori, foto FET, SCR e foto resistenze), foto relay, foto interruttori, sensori a riflessione (foto sensori) e coppie di trasmettitori e ricevitori.

CODICE: ECA-408
PREZZO: €54.00

Potenziometro digitale

Potenziometro Digitale con interfaccia SPI
Integrato potenziometro digitale MCP41010 singolo-canale
Valori del potenziometro x10KO
Tecnologia CMOSlow power
Funzione di Shutdown, cicuito aperto per tutti i resistori per un risparmio massimo di corrente

CODICE: EP-EASYPOT
PREZZO: €15.60

www.ieshop.it

Ordinare direttamente tramite internet conviene! Potrai infatti aggiudicarti dei buoni sconto (coupon) con le modalità:

COUPON ABBONAMENTO ONLINE FE E FW
Sottoscrivendo un nuovo abbonamento o rinnovando il proprio online, direttamente tramite IE SHOP, si ha diritto ad un coupon del 15%! **Qualora ci si abbona (sempre online) a Fare Elettronica e Firmware insieme il coupon è del 20%!**

COUPON QUIZ "ELETTROQUIZ"
Rispondendo ai Quiz presente ogni mese su Fare Elettronica si avrà diritto ad un coupon del 10%. Tutte le risposte pervenute saranno accuratamente valutate dagli autori dei quesiti e, in caso di risposta esatta (oltre al Coupon) potrai vincere fantastici premi!

COUPON "ACQUISTI PREMIATI"
I tuoi acquisti su www.ieshop.it vengono premiati con un coupon del 10% se il tuo ordine supera i 100 EUR (IVA e spese di trasporto escluse). Ma se il tuo ordine supera i 200 EUR, lo sconto sale al 20%!

IMPORTANTE!
- Il coupon può essere speso **esclusivamente** ordinando sul sito www.ieshop.it
- Il coupon non potrà essere utilizzato in caso di nuova sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento, è invece utilizzabile per tutti gli altri prodotti presenti su www.ieshop.it
- Ogni coupon ha una scadenza, non dimenticarlo!
- Lo slogan "più acquisti più risparmi" pecca senz'altro di originalità, ma in questo caso è molto azzeccato: i coupon sono infatti utilizzabili solo una volta, usalo bene!
- I coupon non sono cumulabili, e vanno utilizzati singolarmente, secondo il criterio cronologico di assegnazione.

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Accredito — BancoPosta

€ sul C/C n. 70107552 di Euro

importo in lettere

TD 451

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

CAUSALE

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE codice bancoposta

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOTTOSTANTE

importo in euro numero conto td

70107552 < 451>

AUT. DB/SISB/E 20017 DEL 11.04.2006

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Versamento — BancoPosta

€ sul C/C n. 70107552 di Euro

importo in lettere

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE

AVVERTENZE
Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.
La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.
Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

CAUSALE

AVVERTENZE

Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.

La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.

Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

Indagine sui lettori

Aiutaci a conoscerti meglio!
Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative!

Nome ....

Cognome ....

Via .... n° ....

Cap .... Città .... Prov ....

Email ....

IL TUO SETTORE DI COMPETENZA:

- ❑ **B05** Direzione Tecnica
- ❑ **B06** Progettazione
- ❑ **B07** Studente
- ❑ **B08** Direzione Acquisti
- ❑ **B09** Insegnante
- ❑ **B10** Altro . . . .

PRODOTTO PRINCIPALE O SERVIZIO OFFERTO DALL'AZIENDA DOVE LAVORI:

- ❑ **C11** Apparecchiature elettriche, elettroniche, ICT
- ❑ **C12** Elettrodomestici
- ❑ **C13** Consulenza
- ❑ **C14** Apparecchiature scientifiche, misura e controllo
- ❑ **C15** Automotive
- ❑ **C16** Vending
- ❑ **C17** Altro . . . .

NUMERO DI DIPENDENTI DELLA TUA AZIENDA:

- ❑ **D18** fino a 10
- ❑ **D19** da 10 a 50
- ❑ **D20** da 50 a 100
- ❑ **D21** da 100 a 500
- ❑ **D22** oltre 500

FE 293

Solo se sei abbonato, indica il tuo codice abbonato: . . . .
e barra la casella di interesse:

TIPO DI ABBONAMENTO:

- ❑ **A01** Personale uso professionale
- ❑ **A02** Aziendale
- ❑ **A03** Scuola o Università
- ❑ **A04** Personale uso hobbistico

Compila il cedolino e invialo in busta chiusa o via fax allo 02 66508225 e riceverai GRATIS a tua scelta UN CD-ROM DEL VALORE DI 10 EURO

FOTOGRAFIA DIGITALE: un corso completo che guida l'utente nel mondo della fotografia utilizzando le moderne fotocamere digitali.

BABYLON: il traduttore istantaneo italiano/inglese inglese/italiano più conosciuto nel mondo.

iPOD CONVERTER: il software per convertire i filmati e i file audio in un formato idoneo all'iPOD.

Grazie per la preziosa collaborazione!

PRODOTTI

Se vuoi ordinare "offline" ovvero senza usare internet, usa il seguente modulo d'ordine **PRODOTTI**

COD. PRODOTTO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	Q.tà	Totale
			SUB TOTALE	
			SPESE DI SPEDIZIONE	
			TOTALE	

Nota. Se le righe non sono sufficienti, utilizzare più copie del modulo.
Per maggiori dettagli sulle spese di spedizione e i metodi di pagamento vedi retro cartolina.

FE 293

METODI DI PAGAMENTO

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **CONTRASSEGNO**

☐ EUROCARD MasterCard ☐ VISA ☐ AMERICAN EXPRESS

TITOLARE. . . . .
NUMERO . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . Cognome . . . .
Indirizzo . . . . n° . . . .
Cap . . . . Città . . . . Prov . . . .
Tel . . . . Fax . . . . Email . . . .
Ragione Sociale . . . .
Codice fiscale . . . . Partita IVA . . . .

DATA . . . . FIRMA . . . . ☐ Fattura

ABBONAMENTO

Sì, mi abbono a Fare Elettronica

FE 293

☐ Abbonamento a 11 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 49,50 anziché € 66,00

☐ Abbonamento PLUS a FARE ELETTRONICA include il CD dell'annata 2008 a soli € 59,50 anziché € 96,00

METODI DI PAGAMENTO (per maggiori dettagli vedi retro cartolina)

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ EUROCARD MasterCard ☐ VISA ☐ AMERICAN EXPRESS

TITOLARE. . . . .
NUMERO . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . Cognome . . . .
Indirizzo . . . . n° . . . .
Cap . . . . Città . . . . Prov . . . .
Tel . . . . Fax . . . . Email . . . .
Ragione Sociale . . . .
Codice fiscale . . . . Partita IVA . . . .

DATA . . . . FIRMA . . . . ☐ Fattura

ISTRUZIONI PER L'ORDINE E SPESE DI SPEDIZIONE

Il modulo d'ordine dovrà essere compilato in tutte le sue parti ed inviato via posta o via fax ai recapiti indicati sul modulo d'ordine stesso. Gli ordini potranno essere fatti anche direttamente online dal sito www.ieshop.it. In questo caso non sarà necessario inviare il modulo d'ordine. Le spese di spedizione ammontano a euro 8,50 a cui vanno aggiunti euro 3,50 se si sceglie di pagare in contrassegno.

METODI DI PAGAMENTO

Si accettano pagamenti ino in contrassegno, carta di credit, bollettino postale o bonifico all'ordine. Per il contrassegno verrà applicata una spesa aggiuntiva di euro 3,50 per le spese di contrassegno. Forme diverse di pagamento devono essere previamente concordate.

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento.

Contrassegno

La merce verrà pagata direttamente al corriere alla consegna della merce. Il pagamento in contrassegno comporta l'addebito di euro 3,50per spese di contrassegno.

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

TERMINI E CONDIZIONI

Tutti i prodotti sono coperti da garanzia. La garanzia copre tutti i difetti di fabbricazione entro un anno dal ricevimento della merce. Tutti i prodotti non funzionanti per uso improprio o incuria non saranno ritenuti in garanzia e saranno addebitati gli eventuali costi di riparazione. Tutti i prodotti verranno riparati e/o sostituiti direttamente dal produttore. Non sono coperti da garanzia i componenti elettronici (microprocessori, memorie, ecc.) La garanzia dei prodotti si intende F.co ns. sede, le eventuali spese di trasporto sono a carico del cliente salvo accordi diversi. Per dar corso alla riparazione/sostituzione in garanzia è necessario seguire l'apposita procedura di RMA.

PRIVACY

Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o tramite email all'indirizzo info@inwaredizioni.it

---

ABBONARSI ALLE RIVISTE INWARE EDIZIONI CONVIENE!

I vantaggi per gli abbonati sono, oltre al prezzo bloccato per un anno, la ricezione del numero direttamente a casa con la garanzia di ricevere tutti i numeri.
Inoltre un vistoso risparmio che, nel caso dell'abbonamento plus, ammonta a ben 36,50 euro.
L'abbonamento ha una durata di 12 mesi e comporta l'invio di 11 numeri di Fare Elettronica. Eventuali variazioni di indirizzo andranno comunicate tempestivamente alla Redazione che provvederà a registrare il cambiamento senza alcuna spesa aggiuntiva. L'abbonamento decorrerà dal primo numero raggiungibile alla data di avvenuto pagamento. Non sono previsti rimborsi in caso di disdetta dell'abbonamento.

METODI DI PAGAMENTO

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

Assegno bancario

E' possibile spedire un assegno bancario insieme a questo coupon.